

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

VÍZI ÉS TALAJBAN ÉLŐ PHYTOPHTHORA FAJOK ELŐFORDULÁSA NYUGAT-MAGYARORSZÁGON; SZEREPÜK FEKETEDIÓ, MÉZGÁS ÉGER ÉS MADÁRCSERESZNYE PUSZTULÁSÁBAN

Készült a Nyugat-magyarországi Egyetem-Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok
Doktori Iskola;

E2: Az erdőgazdálkodás biológiai alapjai doktori program keretében.

SÁRÁNDI-KOVÁCS JUDIT

TÉMAVEZETŐK: PROF. DR. SZABÓ ILONA, PROF. DR. LAKATOS FERENC

Sorszám:366.

Sopron, 2015

Vízi és talajban élő *Phytophthora* fajok előfordulása Nyugat- Magyarországon, szerepük feketedió, mézgás éger és madárcseresznye pusztulásában

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében,
a *Nyugat-magyarországi Egyetem Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok
Doktori Iskolája*

E2: Az erdőgazdálkodás biológiai alapjai programjához tartozóan.

Írta:
Sárándi-Kovács Judit

Témavezető: *Dr. Szabó Ilona*

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

(aláírás)

Témavezető: *Dr. Lakatos Ferenc*

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton % -ot ért el,

Sopron,

.....
a Szigorlati Bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen /nem)

Első bíráló (.....): igen /nem

(aláírás)

Második bíráló (.....) igen /nem

(aláírás)

(Esetleg harmadik bíráló (Dr.) igen /nem

(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján.....% - ot ért el

Sopron,

.....
a Bírálóbizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése.....

.....
Az EDT elnöke

NYILATKOZAT

Alulírott **Sárándi-Kovács Judit** jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy a(z) **Vízi és talajban élő *Phytophthora* fajok előfordulása Nyugat- Magyarországon, szerepük feketedió, mézgás éger és madárcseresznye pusztulásában** című PhD értekezésem önálló munkám, az értekezés készítése során betartottam a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. törvény szabályait, valamint a Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskola által előírt, a doktori értekezés készítésére vonatkozó szabályokat, különösen a hivatkozások és idézések tekintetében.¹

Kijelentem továbbá, hogy az értekezés készítése során az önálló kutatómunka kitétel tekintetében témavezető(i)met, illetve a programvezetőt nem tévesztettem meg.

Jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben bizonyítható, hogy az értekezést nem magam készítettem, vagy az értekezéssel kapcsolatban szerzői jogsértés ténye merül fel, a Nyugat-magyarországi Egyetem megtagadja az értekezés befogadását.

Az értekezés befogadásának megtagadása nem érinti a szerzői jogsértés miatti egyéb (polgári jogi, szabálysértési jogi, büntetőjogi) jogkövetkezményeket.

Sopron, 2015. április 29.

.....
doktorjelölt

¹ 1999. évi LXXVI. tv. 34. § (1) A mű részletét – az átvevő mű jellege és célja által indokolt terjedelemben és az eredetihez híven – a forrás, valamint az ott megjelölt szerző megnevezésével bárki idézheti.

36. § (1) Nyilvánosan tartott előadások és más hasonló művek részletei, valamint politikai beszédek tájékoztatás céljára – a cél által indokolt terjedelemben – szabadon felhasználhatók. Ilyen felhasználás esetén a forrást – a szerző nevével együtt – fel kell tüntetni, hacsak ez lehetetlennek nem bizonyul.

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés.....	8
2.	Célkitűzés.....	9
3.	A téma szakirodalmának áttekintése.....	10
3.1.	A <i>Phytophthora</i> nemzetség ismertetése és erdővédelmi jelentősége.....	10
3.1.1.	A <i>Phytophthora</i> -nemzetség.....	10
3.1.2.	<i>Phytophthora</i> -fajok a világ és Európa erdeiben.....	11
3.2.	<i>Phytophthora</i> fajok detektálásának és azonosításának módszerei.....	26
3.2.1.	<i>Phytophthora</i> -fajok detektálása.....	26
3.2.2.	Hagyományos detektálási módok környezeti mintákból.....	26
3.2.3.	A szelektív táptalajok.....	28
3.2.4.	A <i>Phytophthora</i> -fajok morfológiai vizsgálatának módszerei.....	29
3.2.5.	Immunodetektálás.....	31
3.2.6.	A <i>Phytophthora</i> -fajok detektálásának és azonosításának molekuláris módszerei.....	31
3.3.	A gazda-patogén kölcsönhatás fiziológiája: A kórokozó-gazdanövény-környezet kapcsolat a fitoftórás betegségek lefolyásában.....	34
3.3.1.	A környezet szerepe.....	34
3.3.2.	A <i>Phytophthora</i> fajok járványdinamikai tulajdonságai.....	35
3.3.3.	A <i>Phytophthora</i> fajokkal szembeni rezisztencia.....	36
3.3.4.	Fertőzési és védekezési mechanizmusok a fásszárú növény- <i>Phytophthora</i> rendszerekben (OSSWALD és mtsai 2014).....	37
3.4.	A terjedés lehetőségei.....	40
3.5.	Fitoftórás betegségek elleni védekezés lehetőségei.....	41
3.5.1.	Megelőzés.....	41
3.5.2.	A betegség előrejelzése.....	42
3.5.3.	Kémiai védekezés.....	42
3.5.4.	Integrált növényvédelem.....	44
3.6.	Növény-egészségügyi előírások.....	45
4.	Anyag és módszer.....	47
4.1.	A vizsgált területek természeti viszonyai.....	47
4.1.1.	Hanság.....	47
4.1.2.	Soproni-hegyvidék.....	50
4.1.3.	A Rábavölgy tájrészlet.....	53

4.2.	<i>Egészségi állapot felmérés és mintavétel</i>	57
4.3.	<i>Izolálás</i>	62
4.4.	<i>Törzsgyűjtemény</i>	63
4.5.	<i>Fajazonosítás</i>	63
4.6.	<i>Részletes morfológiai jellemzés</i>	64
4.7.	<i>Patogenitás vizsgálatok</i>	64
4.7.1.	Feketedió csemeték mesterséges fertőzése.....	68
4.7.2.	A mézgás éger csemeték fertőzése	68
4.7.3.	Madárcseresznye csemeték mesterséges fertőzése	69
4.7.4.	Kocsánytalan tölgy csemeték mesterséges fertőzése	70
4.8.	<i>A védekezési lehetőségek vizsgálata</i>	70
4.9.	<i>A statisztikai kiértékelés</i>	72
4.9.1.	A mintavételek elégségességének vizsgálata	72
4.9.2.	Az egészségi állapot adatok összehasonlítása	73
4.9.3.	A szezonális vizsgálata.....	73
4.9.4.	A termőhelyi tényezők hatása a <i>Phytophthora</i> közösségekre	73
4.9.5.	A termőhelyi tényezők hatása az állományok egészségi állapot változására	73
4.9.6.	Filogenetikai elemzés.....	74
4.9.7.	A genetikai diverzitás becslése.....	75
4.9.8.	A patogenitás-vizsgálatok és a védekezési lehetőségek vizsgálatának statisztikai értékelése	76
5.	<i>Eredmények</i>	77
5.1.	<i>Az erdőállományokban előforduló Phytophthora fajok és jelentőségük az állományok egészségi állapotának változásában</i>	77
5.1.1.	Mézgás éger mintaterület	77
5.1.2.	Feketedió mintaterületek.....	82
5.1.3.	Madárcseresznye fák pusztulása Sárváron	86
5.1.4.	<i>Phytophthora</i> fajok a Soproni-hegységben	87
5.2.	<i>Termőhelyi tényezők szerepe a Phytophthora-közösségek alakulásában</i>	93
5.2.1.	Dél-Hanság.....	93
5.2.2.	Sárvár	96
5.2.3.	Soproni-hegység	97
5.3.	<i>Az azonosított fajok jellemzése</i>	100
5.3.1.	Morfológiai jellemzés	100
5.3.2.	Filogenetikai jellemzés.....	103

5.3.3.	A gyakoribb fajok fajon belüli genetikai diverzitása	117
5.4.	<i>A fajok erdővédelmi szerepének vizsgálata: a patogenitás-vizsgálatok eredményei</i>	119
5.4.1.	Feketedió csemetek mesterséges fertőzése.....	119
5.4.2.	Mézgás éger csemetek mesterséges fertőzése	121
5.4.3.	Madárcseresznye csemetek mesterséges fertőzése	123
5.4.4.	Kocsánytalan tölgy csemetek mesterséges fertőzése	127
5.5.	<i>A védekezési lehetőségek összehasonlító vizsgálatának eredménye</i>	129
5.5.1.	A mikorrhizáltság hatása.....	130
5.5.2.	A vegyszeres kezelések hatása a mikorrhizáltságra.....	131
5.5.3.	Különböző kezelések eredményessége	131
6.	Az eredmények értékelése	138
6.1.	<i>Az erdőállományokban előforduló Phytophthora fajok és jelentőségük az állományok egészségi állapotának változásában</i>	138
6.1.1.	Mézgás éger mintaterület	138
6.1.2.	Feketedió állományok	139
6.1.3.	Madárcseresznye fák pusztulása Sárváron	141
6.1.4.	Sopron	141
6.2.	<i>Az azonosított Phytophthora fajok jellemzése</i>	143
6.2.1.	Morfológiai jellemzés	143
6.2.2.	Filogenetikai jellemzés.....	146
6.2.3.	A gyakoribb fajok fajon belüli genetikai diverzitása	146
6.3.	<i>A fajok erdővédelmi szerepének vizsgálata – patogenitás-tesztek</i>	147
6.3.1.	Feketedió csemetek mesterséges fertőzése.....	147
6.3.2.	Mézgás éger csemetek mesterséges fertőzése	148
6.3.3.	Madárcseresznye csemetek mesterséges fertőzése	149
6.3.4.	Kocsánytalan tölgy csemetek mesterséges fertőzése	149
6.4.	<i>A védekezési lehetőségek vizsgálata</i>	150
7.	Összefoglalás	151
8.	Köszönetnyilvánítás	154
9.	Felhasznált irodalom	155
10.	Ábrajegyzék.....	165
11.	Táblázatjegyzék	167

1. Bevezetés

A *Phytophthora* nemzetség egyes fajai világ- és Európa-szerte komoly ökológiai és ökonómiai kárt okoznak az erdei ökoszisztémákban. Hazánkban az 1990-es évek végén végigsöprő éger-fitoftóra (*P. alni*) okozta erdőállományok pusztulását (SZABÓ és mtsai 2000). Emellett, a 21. sz. elején feketedió, cser- és kocsánytalan tölgy állományokban is találtak *Phytophthora* fajokat a kutatók (SZABÓ és mtsai 2013).

Európában a tömlősgombák után az *Oomycota* törzs adja a legtöbb inváziós kórokozó fajt (SANTINI és mtsai 2012). Számuk az 1980 óta eltelt időszakban a korábbi évtizedekben tapasztaltnál kétszeresére nőtt (SANTINI és mtsai 2012). Ezen fajok eredete és behurcolásuk módja sok esetben ismeretlen. Általában elmondható azonban, hogy a gyökérokókozók, így a *Phytophthora* fajok, ökológiai hatása sokkal súlyosabb, mint a levélvesztést vagy rákot okozó növénypatogén fajoké (LOO 2009). A fertőzés megtörténte után a kórokozó eliminálása lehetetlen (ERWIN és RIBEIRO 1996). A nemzetségbe tartozó fajok számának gyors növekedése miatt, a fajok ökológiai igényeiről, életmódjáról sok esetben nem rendelkezünk alapos ismeretekkel, holott ezek megkönnyíthetnék a fajok terjedésének megelőzését, így a növényvédelmet is segíthetnék.

Az Észak-, Közép- és Dél-Amerikában honos feketediók, bár hazánkban egzótának számítanak, értékes és hasznos ipari alapanyagot szolgáltató fafajok (ARADHYA és mtsai 2007). Számos betegségük, így a fitoftórák gyökér- és gyökérbetegségük is, azonos a hazánkban honos és széles körben termesztett királydió betegségével (BELISARIO és GALLI 2012). Fenti okok miatt, a *Phytophthora* fajokkal való kapcsolatukról és a betegség lefolyását befolyásoló környezeti tényezőkről ismereteink gyarapítása gazdasági jelentőségű lehet.

Az Európában honos éger fajok közül a mézgás éger elterjedési területe a legnagyobb. Az állandó vízhatással jellemezhető termőhelyek fafaja. Élőhelyén a talaj porozitását növeli, nitrogéntartalmát dúsítja, a partok omlását megakadályozza (MARCAIS és HUSSON 2014). A ritka égerlápok hazánk legösszetettebb erdőtársulásai közé tartoznak (BORHIDI 2003). Védelmük – melyhez a pusztulásukat elősegítő betegségek okainak alapos ismerete is hozzátartozik – így nemcsak erdőgazdasági, hanem természetvédelmi szempontból is fontos.

A madárcseresznye erdeink gyakori és fontos elegyfaja. Betegségeinek, és a fertőzést elősegítő tényezőknek a feltárása azonban kertészeti, gyümölcsstermesztési szempontból is hasznos lehet.

Bár a hazai erdei ökoszisztémákban előforduló összes *Phytophthora* fafásszárúakkal való kapcsolatának részletes vizsgálatára a disszertáció terjedelmi okok miatt sem törekedhet, munkám legfőbb célja a hazánkban, erdőállományokban és élővizekben előforduló *Phytophthora* fajokkal kapcsolatos növényvédelmi és ökológiai ismeretek bővítése volt. A választott fafajok ökológiai és/vagy ökonómiai szempontból fontosak, emellett – főként a mézgás éger és a feketedió esetében – termőhelyeiken fitoftóra-fertőzés által különösen veszélyeztetettek. A gyakorlatot segíteni igyekvő növényvédelmi kutatásokon túl, a tünetmentes Soproni-hegyvidéken elvégzett vizsgálat a *Phytophthora* fajok ökológiai igényeinek és szerepének alaposabb megismerését célozta.

2. Célkitűzés

Kutatásom célja a *Phytophthora* fajok előfordulásának feltárása különböző egészségi állapotú erdei ökoszisztémákban. A faegyedek, illetve a faállományok talajának vizsgálata mellett mintákat vettem természetes vízfolyásokból is, hiszen ezek is fontos szerepet játszhatnak a *Phytophthora* fajok terjedésében. További cél volt a begyűjtött izolátumok azonosítása, a fajok morfológiai és molekuláris jellemzése, filogenetikai elemzése, erdővédelmi szerepüknek, és a védekezés lehetőségének megismerése.

A kutatás kezdetén hipotéziseim a következők voltak:

1. A *Phytophthora* fajok jelenléte a talajban a faállomány egészségi állapotának romlását okozza.
2. Az élővizek változatos *Phytophthora* közösséggel rendelkeznek.
3. Az élővizekben a *Phytophthora* fajok változatosabb genetikai állományúak.
4. A *Phytophthora* fajok előfordulását, a közösségek diverzitását elsősorban a csapadékviszonyok befolyásolják.
5. A *Phytophthora* fajok fásszárúakkal szembeni agresszivitásában szezonális eltérések vannak.
6. Egyes *Phytophthora* fajok ősszel, mások tavasszal gyakoribbak.
7. A réztartalmú növényvédőszerrel jól felhasználhatók fitoftóra fertőzés megelőzésére és kezelésére.
8. A mikorrhizált facsemeték ellenállóbbak a talajban élő kórokozók, így a *Phytophthora* fajok fertőzésével szemben.

A hipotéziseknek megfelelően, az alábbi célokat tűztem ki:

1. Különböző egészségi állapotú erdőállományok talajlakó *Phytophthora* közösségének megismerése, a hosszú ideje sínylődő állományok egészségi állapot-változásának és *Phytophthora*-közösségének nyomon követése.
2. A Rák-patakban és a vízgyűjtőjéhez tartozó patakokban élő vízi *Phytophthora* közösség feltárása.
3. A *Phytophthora*-közösségek változásait befolyásoló tényezők vizsgálata. Kimutatható-e szezonális változás a talajban és az élővizekben előforduló *Phytophthora*-fajösszetétel változásában? Mely tényezők (vízgazdálkodás, hőmérsékleti viszonyok, csapadékviszonyok, pH) befolyásolják az egyes fajok előfordulását a talajban és az élővizekben?
4. A termőhely hatása a kórokozó-gazdanövény kapcsolatokra. Hogyan befolyásolják a kórokozó-gazdanövény kapcsolatot az egyes termőhelyi tényezők a korábban már legyengült, hosszú ideje sínylődő állományok esetében? Mely termőhelyi tényezők járultak hozzá a friss fertőzések, pusztulások kialakulásához?
5. Az azonosított *Phytophthora* fajok morfológiai és filogenetikai jellemzése, a gyakoribb fajok genetikai változatosságának vizsgálata.
6. A megtalált és azonosított, fontosabb *Phytophthora* fajok patogenitásának vizsgálata az állományalkotó fafajok csemetéin.
7. A védekezési lehetőségek tesztelése, különös tekintettel a foszfit hatóanyagú tápoldat, a rézoxiklorid hatóanyagú fungicid és a mikorrhiza védő hatására.

3. A téma szakirodalmának áttekintése

3.1. A *Phytophthora* nemzetség ismertetése és erdővédelmi jelentősége

3.1.1. A *Phytophthora*-nemzetség

A *Phytophthora* nemzetség fajait sokáig gombának vélték a gombák micéliumához hasonló fonalas telepük és abszorpcióval történő tápanyagfelvételük miatt (web1). Az 1970-es években transzmissziós elektronmikroszkóppal végzett vizsgálatok azonban a gombákra jellemzőtől eltérő mitokondriumot tártak fel, mely sokkal inkább hasonlított a heterokont algák mitokondriumára (web2). A valódi gombáktól való eltérést egyéb bélyegek is alátámasztják: ilyenek az oogámia során létrejövő diploid oospórák, a két, eltérő anatómiájú flagellummal rendelkező zoospórák, a vegetatív állapotban diploid sejtmaggal rendelkező cönocitikus hifák, valamint a gombák többségétől eltérő módon, cellulózból és β -glükánból felépülő sejtfal (web1). A molekuláris biológiai alapokon nyugvó filogenetikai kutatások szintén alátámasztották, hogy ezek a fajok közelebbi rokonságban állnak a *Chromista* regnumba tartozó algákkal, mint a gombákkal. Feltehetően a regnum fajainak közös őse vált autotróf életmódúvá, s a szintesteket nem tartalmazó taxonok másodlagosan veszíthették el szintesteket és térhettek át heterotróf életmódra (web1). Az Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi jelenleg érvényes, 10. kiadása alapján a *Phytophthora* nemzetség a *Chromista* ország *Oomycota* törzsén belül, az *Oomycetes* osztály *Peronosporales* rendjébe és *Peronosporaceae* családjába tartozik (KIRK és mtsai 2008) Más forrásokban a petespóras gombák törzsét (*Oomycota*) a *Stramenopila* (vagy *Straminipila*) szuper csoportba helyezik (web1 ; TÖRÖK 2012).

A *Phytophthora* nemzetség görög eredetű neve (phüton: növény és phtherein: elpusztítani (KÖVICS 2009)) is utal arra, hogy a nemzetségbe tartozó fajok többsége kertészeti, mezőgazdasági kultúrák vagy erdei fák jelentős kórokozója (JAKUCS 1999). A nemzetség fajai a gyökerek, illetve a tő szöveteinek elhalását, a korona kiritkulását, a levelek apróvá válását, sárgulását és száradását okozzák. Terjedhetnek az öntözővízzel, a talajvízzel, fertőzött szaporítóanyaggal, illetve egyes fajok a széllel vagy a felfröccsenő vízzel is (ÉRSEK és RIBEIRO 2010).

1996-ban, Erwin és Ribeiro fitoftórákkal foglalkozó alapművének megjelenésekor, 59 fajt soroltak a *Phytophthora* nemzetségbe (ERWIN és RIBEIRO 1996). A molekuláris biológia fejlődésének köszönhetően 2010-ig a hivatalosan leírt taxonok száma harminckilenc fajjal és két fajhibriddel bővült (ÉRSEK és RIBEIRO 2010). Az elmúlt években is írtak le új *Phytophthora* fajokat 2010: *P. hydropathica* (HONG és mtsai 2010), 2011: *P. gregata* (JUNG és mtsai 2011), 2012: *P. bilorbang* (AGHIGHI és mtsai 2012), 2013: *P. lacustris* (NECHWATAL és mtsai 2013), *P. mississippiiae* (YANG és mtsai 2013), *P. acerina* (GINETTI és mtsai 2013)); így a hivatalosan leírt taxonok száma jelenleg 106 körüli. Feltehetően a nemzetség további új fajokkal fog bővülni az elkövetkező időszakban, ugyanis számos, már felfedezett, de még hivatalosan nem leírt taxonnal rendelkezünk már napjainkban is. A fajsám növekedését okozhatja az eddig kevésbé kutatott erdei és vizes ökoszisztémák iránti megnövekedett tudományos érdeklődés, és a kertészeti termékek egyre intenzívebb nemzetközi kereskedelme is. Az új fajok azonosítását, régebben leírtak revízióját jelentősen megkönnyíti a fitoftórákkal foglalkozó kutatócsoportok világszerte növekvő száma, és a korszerű, molekuláris biológiai módszerek egyre könnyebb elérhetősége (ÉRSEK és RIBEIRO 2010).

A nemzetségben belül, különösen, ha két faj elterjedési területe és gazdanövényköre átfed, több példa is akad hibridek létrejöttére. Hibridek ivartalan úton is keletkezhetnek, bár feltehetően ez a természetben meglehetősen ritka, ráadásul nehezen detektálható (ÉRSEK és mtsai 1995). Ez a jelenség azonban, ritkasága ellenére, a heterotallikus fajok genetikai diverzitásának egy forrása lehet (ENGLISH és mtsai 1999). Növénykórtani szempontból, a

szaporodásra, terjedésre képes hibridek óriási kockázatot jelenthetnek, mivel viselkedésük, potenciális gazdanövénykörük kiszámíthatatlan.

3.1.2. *Phytophthora*-fajok a világ és Európa erdeiben

A *Phytophthora* nemzetségbe tartozó fajok számának növekedésével párhuzamosan, a fásszárúak betegségeivel és erdőpusztulásokkal kapcsolatba hozható fitoftórák száma is drámaian nőtt az elmúlt évtizedekben (HANSEN és mtsai 2012, MARTIN és mtsai 2012).

3.1.2.1. *A szelídesztenye tintabetegsége*

A *Castanea* nemzetséget Európában egyetlen faj, a *Castanea sativa* Mill. képviseli (PROSPERO és mtsai 2013). Kisázsiai fafaj, mely azonban napjainkban Európa-szerte elterjedt mindenütt, ahol az éves csapadékmennyiség több, mint 600 mm, és a rövid aszályos időszak mellé kissé savanyú (pH4,5-6,5) talajok társulnak (PROSPERO és mtsai 2013). A faj jelensége többrétű: értékes és keresett termék ízletes termése és különleges faanyaga is (VETTRAINO és mtsai 2005), melyet a bútoripar, a belsőépítészet, a hordógyártás, a vízépítés, szőlészet és a hajóépítés is használ (MOLNÁR és BARISKA 2006). Ökonómiai szerepe mellett, a természetes ökoszisztémák részeként jelentős szerepe van ökológiai, talaj- és élőhelyvédelmi, és rekreációs szempontból is (PROSPERO és mtsai 2013).

A szelídesztenye tintabetegségét 1838-ban írták le először Portugáliából. A betegség Európában a *C. sativa*-t, Észak-Amerikában a *C. dentata* (Marsh.) Borkh. és más gesztenye fajokat is megtizedelte (VETTRAINO és mtsai 2001). A 20. század folyamán a szelídesztenye kéregrák behurcolása, és az új, pusztító járvány gyors terjedése vont magára a szelídesztenye természetű országok szakembereinek figyelmét, így kevesebb említés esik a tintabetegségről (ČERNÝ és mtsai 2008). Az 1990-es években azonban elsősorban a Mediterráneumban a szelídesztenye tintabetegség járványos mértékű fellépése a termelést jelentősen megnehezítette és a termelés növelésének napjainkig is korlátot szab (MARTINS és mtsai 2007). Napjainkban, a tintabetegség Európában mindenütt előfordul, ahol szelídesztenyét természetnek, bár jelentősége továbbra is a mediterrán és atlanti térségben a legnagyobb (ČERNÝ és mtsai 2008). Hazánkban 1977-ben tudósítottak először a betegség fellépéséről, azóta szórványosan előfordul erdeinkben, illetve szelídesztenye ültetvényekben (EKE és GÁL 1977).

A betegség terjedésének súlyos következményei lehetnek, ugyanis a pusztulással elsődlegesen kapcsolatba hozható két *Phytophthora* faj sokgazdás, és gazdanövényeik közt több, erdőállomány alkotó fafaj is szerepel (VETTRAINO és mtsai 2005).

A szelídesztenye tintabetegségét elsősorban két agresszív *Phytophthora* faj, a *P. cinnamomi* Rands. és a *P. cambivora* (Petri) Buisman okozza (VETTRAINO és mtsai 2005). Ezek mellett, a betegség tüneteit mutató fák szöveteiből vagy rizoszférájából több más *Phytophthora* faj is előkerült: *P. cactorum* (Lebert & Cohn.) J. Schröt., *P. cryptogea* Pethybr. & Laff., *P. gonapodyides* (H. E. Petersen) Buisman, *P. megasperma* Drechsler, *P. nicotianae* Breda de Haan, *P. plurivora* T. Jung & T. I. Burgess, *P. pseudosyringae* T. Jung & Delatour, *P. syringae* (Kleb.) Kleb. (PROSPERO és mtsai 2013). Ezek több gazdanövényen is előforduló fajok, melyek fiatal szelídesztenye fákra nézve is patogének. Így nem zárható ki, hogy a legyengült fák pusztulásában szerepük van, de ugyanakkor az is lehetséges, hogy esetlegesen más, a környéken előforduló fafajokat fertőznek (VETTRAINO és mtsai 2005; PROSPERO és mtsai 2013).

Csemeték, fiatal és idős faegyedek egyaránt képesek megbetegedni. A kórokozó károsíthat erdőállományban, faültetvényben, erdősítésben vagy csemetekertekben is. Míg a csemeték általában rövid időn belül elpusztulnak, idős fák esetében az elsődleges fertőzés és a tünetek megjelenése között a környezeti tényezők alakulásának függvényében időbeli késleltetés jelentkezhet. (PROSPERO és mtsai 2013)

A tintabetegséggel kapcsolatba hozható valamennyi faj talajban él, és a vékonygyökérzet, majd a főgyökerek pusztulását okozzák. A gyökerek elpusztítása után a

gyökérszárakon át a törzsbe is felhatolnak, melynek következményeként a törzsön kéregrepedések és sötét színű nedvkviválás jelentkezik, melyről a nevét is kapta a betegség (VETTRAINO és mtsai 2005). Fertőzött fák esetében a törzs alsó részén, a kéreg alatt a kambium lángnyelvszerű alakban, sötétre színeződik. Fiatal fákban a nekrotikus feletti kéregrész besüpped, erősen repedezik (PROSPERO és mtsai 2013).

A gyökérszár pusztulása következtében a koronában hervadásos tünetek jelentkeznek, melyek a levelek méretének csökkenésében, sárgulásában, az egész korona kiritkulásában nyilvánulnak meg (VETTRAINO és mtsai 2005; MARTINS és mtsai 2007; PROSPERO és mtsai 2013). Az éretlen termések burkai lombhullás után is a fákban maradnak (PROSPERO és mtsai 2013).

A betegség lefolyását a környezeti tényezők alakulása befolyásolja (VETTRAINO és mtsai 2005; PROSPERO és mtsai 2013). Amikor a környezeti tényezők a kórokozó túlélésének és szaporodásának kedveznek és a gesztenyefák számára predispozíciós hatást jelentenek, a fák rövid időn belül elpusztulhatnak (PROSPERO és mtsai 2013). Nyugat- és dél-európai terepi vizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy ha az éves csapadékmennyiség 1000 mm feletti, a betegség nagy valószínűséggel kialakul. Ugyanakkor, időszakos, helyi jellegű, nagy esőzések is megnövelik a betegség kockázatát, ugyanis az időszakosan kialakuló vízállások idején néhány napon belül képes a talajban kis mennyiségben megtalálható fertőző anyag felszaporodni (VETTRAINO és mtsai 2005). Ezzel szemben, azokon a területeken, ahol legalább 3-4 hónapig tartó száraz időszak jelentkezik a vegetációs időszakban, a talajban általában nem fordul elő klasszikus csapdázással detektálható mennyiségű fertőző anyag, és a tüneteket mutató faegyedek aránya is alacsonyabb (VETTRAINO és mtsai 2005).

A *Phytophthora cinnamomi* esetében a hőmérsékleti viszonyok alakulása is a betegség előfordulását limitáló tényező lehet, ez a faj ugyanis a fagymentes, mérsékelt hőmérsékletű területek *Phytophthora*-ja. Így jelenleg Európán belül elsősorban a mediterrán térségben pusztít. Egy esetleges felmelegedés következtében azonban, elterjedési területe északabbra húzódhat. Továbbá, egy Skóciában talált törzs arra utal, hogy a fajon belül is elképzelhetők olyan genetikai változások, amelyek a faj északi irányú terjedését elősegítik. (VETTRAINO és mtsai 2005)

A *Phytophthora cambivora* mind Dél-, mind Közép-Európában előfordul (EKE és GÁL 1977; VETTRAINO és mtsai 2001; BERNADOVIČOVÁ és JUHÁSOVÁ 2005; VETTRAINO és mtsai 2005; ČERNÝ és mtsai 2008). Mivel klamidospórákat általában nem, és oospórákat is csak ritkán és kis mennyiségben képez, túlélőképessége a talajban csekély. Emiatt jellemzően a csapadékosabb késő tavaszi és őszi időszakokban szaporodik fel inokuluma a talajban (VETTRAINO és mtsai 2001).

A megbetegedés kockázatát növelheti a természetes környezeti tényezők alakulása mellett a helytelen gazdálkodás is. A nyesések, a feleslegben kijuttatott nitrogén-oxidokat tartalmazó műtrágya, a talajtömörödés mind-mind elősegítik a betegség kialakulását. A kockázatot a szabályozatlan gombászás is növelheti, ugyanis ez csökkentheti az ektomikorrhiza mennyiségét az állományban (MARTINS és mtsai 2007; ČERNÝ és mtsai 2008).

Kedvező környezeti feltételek esetén gyorsan terjednek a kórokozók, klamidospórák csírázása, majd elsősorban zoospórák segítségével. A fertőző képleteket a víz szállítja, vagy az elmozduló talajszemcsékhez tapadva is terjedhetnek (MARTINS és mtsai 2007).

Növényvédelmi szempontból, a tintabetegség esetében a megelőző intézkedések fontosságát kell hangsúlyozni. Különösen kötött talajok esetében lényeges a vízállások kialakulásának lehetőségét megakadályozni, gondoskodni a megfelelő vízelvezetésről, biztosítani a talaj szellőzését. Gyümölcsstermesztési tevékenység esetében a talaj megfelelő tápanyag-gazdálkodásának biztosítása is lényeges. Erdőállományokban az erdőművelési beavatkozások során csökkenteni kell a fák kompetícióját, annak érdekében, hogy egészségi állapotuk megfelelő maradjon. (PROSPERO és mtsai 2013)

Gyümölcsstermesztési cél esetében ajánlható a toleráns, vagy kevésbé fogékony *C. crenata* x *C. sativa* hibridek ültetése (MIRANDA-FONTAÍNA és mtsai 2007; PROSPERO és mtsai 2013). Ezek ugyan nem rezisztensek a gyökérfertőzéssel szemben, de képesek megakadályozni a betegség tovább terjedését a gyökérzetben, és a gyökerekből a törzsbe (MIRANDA-FONTAÍNA és mtsai 2007).

A fertőzött területeken való áthaladást, különösen csapadékos időszakokban, a feltétlenül szükséges alkalmakra kell szorítani, a még egészséges állományok védelme érdekében (PROSPERO és mtsai 2013). Ez azonban megköveteli a fertőzött területek elhelyezkedésének és méretének pontos ismeretét, melyhez folyamatos monitoring tevékenységre van szükség az érintett vidékeken (MARTINS és mtsai 2007).

3.1.2.2. Éger fajok fitoftórási megbetegedései

Az *Alnus* nemzetség 35 faja az északi féltekén fordul elő, ám egyes fajok Közép-Amerikán át egészen Peruig megtalálhatók. Európában a nemzetséget négy faj képviseli: a mézgás éger (*A. glutinosa* [L.] Gaertn.) a leggyakoribb ezek közül, 1800 m tengerszint feletti magasságig Európa-szerte előfordul a nedves élőhelyeken. Közép- és Kelet-Európában, valamint Dél-Európa hegyvidéki területein a hamvas éger (*A. incana* [L.] Moench.) is viszonylag gyakori, a mézgás égerrel ellentétben a szárazabb körülményeket is jól elviselő faj. A nemzetség másik két képviselője, a havasi éger (*A. viridis*) és a nápolyi éger (*A. cordata* [Loisell] Duby) a hegyvidéki területek ritka fajai. Számos európai államban az őshonosan előforduló éger fajok mellett, előszeretettel ültetik az észak-amerikai származású vörös égert (*A. rubra* Bong.) is (GENCSI és VANCSURA 1997; MARÇAIS és HUSSON 2014).

A fajok ökológiai értéke többrétű: pionír fafajokként jelentős szerepük van egyes termőhelyek primer szukcessziójában. Mivel a nedves termőhelyekhez jól adaptálódtak, olyan élőhelyeken is előfordulnak, amelyeken más fafajok már nem képesek megélni (GENCSI és VANCSURA 1997; MARÇAIS és HUSSON 2014). Élőhelyeiken jótékony hatással vannak a talajokra: növelik annak porozitását és a gyökereiken élő, légköri nitrogén megkötésére képes sugárgombák segítségével annak nitrogén-tartalmát is. Vízművelés-védelmi szempontból is kedvező a hatásuk: a folyók, patakok vizét ugyanis szűrik és tisztítják is az égerek (MARÇAIS és HUSSON 2014). Fentiek mellett, gyökereik stabilizálják a partokat, így védnek az erózió ellen (CECH 1998; GIBBS és mtsai 1999; CERNY és STRNADOVÁ 2012; MARÇAIS és HUSSON 2014). A partmenti ökoszisztémákban zoológiai és botanikai szempontból is jelentős szerepük van, ugyanis növelik a rovar- és madárközösségek diverzitását, búvóhelyet nyújtanak halaknak és más gerinceseknek, támasztógyökereiken mohák és lágyszárú növényfajok is élőhelyet találnak (BORHIDI 2003; CERNY és STRNADOVÁ 2012; MARÇAIS és HUSSON 2014).

Az égerpusztulásról szóló első irodalmi adatok a 19. század végéről, illetve a 20. század elejéről származnak. Feltehetően a patogén gombák mellett a talajvízszint változása, az erős fagyok, illetve a kíméletlen kezelés okozta a fák pusztulását ezekben az esetekben. Az éger jó sarjadzó képessége és növekedése miatt ezek a pusztulások nem kerültek a figyelem középpontjába. (CECH 1998)

1993 nyarán azonban Dél-Angliában több helyen is égerfák pusztulását észlelték. A megjelenő tünetek – koronapusztulás, a fák tövén kéregnekrózisok, vöröses nedvkiválás – fitoftórási fertőzésre utaltak. A károsodott növényi szövetekből és a fák gyökérszónájának talajából rendre egy *Phytophthora* fajt izoláltak, amelynek bélyegei azonban egyetlen addig ismert fajra sem illettek rá. Ráadásul, mivel a mézgás éger rendkívül jól alkalmazkodott a nedves élőhelyekhez, és feltételezhetően az elterjedési területének vizes élőhelyein előforduló kórokozókhoz is, a kutatók valószínűsítették, hogy egy viszonylag új betegség okozhatja a fák pusztulását. (BRASIER és mtsai 1995)

A 20. század végén és a 21. század első éveiben a betegség Nagy-Britanniában járványosan terjedt, míg időközben Hollandiában (1994), Németországban (1995), Ausztriában és Dániában (1996), Franciaországban és Svédországban (1997) is megtalálták a kórokozót (BRASIER és mtsai 1995; CECH 1998; WERRES és mtsai 1998). A 2000-es évek elején az ún. éger fitoftóra jelen volt fenti országokon kívül Svájcban, Írországban, Belgiumban, Lengyelországban, Litvániában, Csehországban, Olaszországban, Szlovéniában és Magyarországon is (JUNG és mtsai ; WERRES és mtsai 1998; SZABÓ és mtsai 2000). A kórokozó napjainkban is jelen van az éger állományokban és Európa egyes területein terjed is (CERNY és STRNADOVÁ 2012).

A *Phytophthora*-fertőzésre utaló tünetek a fák tövi részén jelennek meg. Akár a törzset teljesen körülölelő kéregnekrózisokat, izzadmányfoltokat, illetve vörösesbarna vagy sötét színű nedvkiválást találhatunk a fák törzsének alsó részén (CECH 1997). Ezek a nekrózisok, izzadmányfoltok akár 2 m magasságig is előfordulhatnak. Jellegzetes lehet még a hosszanti kéregrepedések megjelenése a törzsön, valamint a sebek erőteljes kalluszosodása. A foltok környékén, ha a kérget leválasztjuk, a fás rész vörösesbarnás-feketés, lángnyelvszerű elszíneződése jelzi az éger fitoftóra fertőzést (CECH 1998).

A talán leghamarabb szembetűnő koronátünetek másodlagosak, a szállítószövetek károsodása miatt alakulnak ki. Jellegzetes a kiritkult korona, kisméretű, elsárgult levelekkel (CECH 1997). Általában egyszerre kezd pusztulni a teljes lombkorona, azonban gyakran előfordul, hogy egyes ágak, koronarészek hamarabb elhalnak (CECH 1998). A fertőzött fák általában abnormálisan nagy mennyiségű termést hoznak (CECH 1997; CECH 1998).

Erdőállományban eleinte egyes fák pusztulása, majd az egész állomány sínylődése jelentkezik. Általában egy erdőrészleten belül is többféle egészségi állapotú fát találhatunk egyszerre, a tünetmentestől az erősen pusztuló, vagy már elhalt faegyedekig (WERRES és mtsai 1998). Amennyiben igazolható, hogy éger-fitoftórával fertőzött az állomány, valószínűsíthető, hogy az összes éger, a tünetmentesek is, fertőzöttek. Az első tünetek a fertőzéstől számított két éven belül, időbeli késleltetéssel jelentkeznek. A fák éveken sínylődhetnek, kortól és vitalitástól függően. Tapasztalatok alapján, az idősebb fák általában 10 éven belül elpusztulnak. Azonban, feltételezhetően a kórokozó rossz túlélőképessége miatt, erősen fertőzött egyedek spontán gyógyulására is van példa, (MARÇAIS és HUSSON 2014).

A fertőzést túlélő fák legyengülhetnek és fogékonyá válhatnak egyéb kórokozók, illetve károsítók támadásával szemben (WERRES és mtsai 1998). Cech szerint a pusztuló fák másodlagosan fertőződhetnek a helyi kéregnekrózisokat okozó *Ophiovalsa suffusa* (Fr.) Petr.-val, illetve inkább szaprotróf életmódú gomba fajok is megtelepedhetnek rajtuk, mint pl. a *Phomopsis alnea* (Sacc.) Höhn., a *Pleomassaria holoschista* (Berk. & Broome) Sacc. vagy a *Pezicula cinnamomea* (DC.) Sacc. (CECH 1998). A járvány lecsengése után is tapasztalható egyes területeken a korábban súlyosan fertőzött állományok sínylődése (SZABÓ és mtsai 2013).

Az éger fitoftóra genetikai, morfológiai és fiziológiai bélyegei sok érdekes kérdést vetettek fel már az első észleléskor is. Genetikai kiegyensúlyozatlansága alapján sejtették, hogy egy interspecifikus fajhibrid. Egyes tulajdonságai alapján az egyik gyanított szülőfaj a *Phytophthora cambivora* volt, ám a másik szülő ismeretlen volt. Emellett a betegség kialakulásának oka is kérdéseket vetett fel: vajon egy honos kórokozónak kedvezett a környezetváltozás, vagy egy újonnan megjelent kórokozó járványos terjedése indult meg? Az utóbbi feltételezést látszott alátámasztani az, hogy a mézgás éger, mint tipikusan a nedves élőhelyek fafaja, feltételezhetően alkalmazkodott a vizes élőhelyek honos *Phytophthora*-fajaihoz, így azok járványos mértékű fapusztulást nem okoztak. (BRASIER és mtsai 1995)

Az elkövetkező egy évtizedben bizonyították, hogy valóban egy interspecifikus fajhibrid alakult ki természetes módon, és a szülőfajok feltételezhetően a *P. cambivora* és egy *P. fragariae* Hickman-hoz hasonló, ismeretlen faj (BRASIER és mtsai 1999). A hibrid evolúciója – számos morfológiai változata, fejlődésének instabilitása és az ITS szakasz mintázata alapján – a '90-es évek végén folyamatban volt (BRASIER és mtsai 1999). Gazdanövénye alapján, a hibridet 2004-ben *Phytophthora alni* Brasier & S. A. Kirk néven írták le Nagy-Britanniában. Számos, eltérő morfológiájú és kromoszóma-szerelvényű változatát három alfajként írták le (BRASIER és mtsai 2004), melyek közül a leggyakoribb és legagresszívabb *P. alni subsp. alni* feltételezhetően a másik két alfaj, a *P. alni subsp. uniformis* és a *P. alni subsp. multififormis* hibridjeként alakult ki (MARÇAIS és HUSSON 2014).

A fajleírás ellenére, az égerfitofórától elmondható, hogy nem egy egységes taxonómiai csoport, hanem fenotipikusan rendkívül változatos, heteroploid genotípusok sorozata. A három, végül alfajként leírt változat egymás közeli rokona, azonban a kialakulásukhoz vezető evolúciós lépések nem teljesen tisztázottak. Jellegzetességeik alapján valószínűsíthető, hogy a hibridek ivartalan úton keletkeztek, ám nem zárható ki, hogy több hibridizációs esemény is lezajlott. (BRASIER és mtsai 1999)

Az elsődleges fertőzés a fák gyökerein, illetve tövén keresztül is történhet. Idősebb faegyedek esetében általában a törzs tövén, a lenticellákon fertőz a kórokozó, míg fiatal egyedek, csemeték esetében általában a gyökereken keresztül történik az elsődleges fertőzés (OSSWALD és mtsai 2014). A betegségre hajlamosító tényezőkkel kapcsolatos ismereteink napjainkig hiányosak (CECH 1998). Egy Nagy-Britanniában végzett felmérés során enyhe korrelációt találtak ugyan a vízfolyások oxidált nitrogén tartalma és a fertőzöttség mértéke között (GIBBS és mtsai 1999), Európa más területein hasonló eredmény nem tapasztalható (CECH 1998).

Az égerfitofórák nedves, vizes élőhelyekhez alkalmazkodott talajkárokozók, melyek különösen érzékenyek a hőmérsékleti szélsőségekkel szemben (CECH 1998). Mindezekből következően, éger állományokban a fitofórás fertőzés legnagyobb valószínűséggel nyári áradások idején valósulhat meg (SCHUMACHER és mtsai 2006). Az áradás a talajban lejátszódó szerkezetváltozás és oxigéntartalom-csökkenés miatt a fák számára stresszhatást okoz, és gyökérpusztulással is járhat. Emiatt a fák rezisztenciája csökken, súlyosabb megbetegedést téve lehetővé. Így, az égerfitofóra és az áradás egymás kedvezőtlen hatásait erősítik, ahogy azt Strnadová és mtsai kísérleti úton bizonyították is (STRNADOVÁ és mtsai 2010).

Mivel a *P. alni* fajhibridek nem képeznek kitaratóképleteket, a fertőzés mértékét a téli hőmérsékleti viszonyok alakulása, legfőképpen a fagyos napok száma, is jelentősen befolyásolja. Hideg teleken, illetve hidegebb klímában, az egyes alfajok túlélő képessége eltérő, az alacsonyabb kardinális hőmérsékleti értékekkel rendelkező *P. alni subsp. alni* viseli el legjobban ezeket a körülményeket. A fagyos, illetve téli napok nagy száma azonban szignifikánsan csökkenti a megbetegedések számát, illetve a járványveszélyt is. (CERNY és STRNADOVÁ 2012)

Az égerfitofóra kompetíciós képessége gyenge, emiatt a megtámadott növényi részekben nagyobb eséllyel képes áttelelni, mint a talajban, különösen a fa jobban felmelegedő oldalán (STRNADOVÁ és mtsai 2010; CERNY és STRNADOVÁ 2012). A gyenge túlélőképesség miatt gyakran előfordul az is, hogy az erősen fertőzött fák is életben maradnak és gyógyulásnak indulnak (MARÇAIS és HUSSON 2014).

Az éger fitofórát először folyó- és patakmenti égerek megbetegedésekor izolálták (BRASIER és mtsai 1995). Későbbi felmérések alapján, a vízparthoz közelebbi fák szignifikánsan nagyobb mértékben betegedtek meg (GIBBS és mtsai 1999). A

jelenség oka, hogy a kórokozó fertőző képletei elsősorban a vízzel terjednek; a fertőzött talaj lemosódásával vagy áradások során (BRASIER és mtsai 1995).

Különösen fiatal fák vízparttól távoli területen történő megbetegedésének forrása a fertőzött talaj, illetve a fertőzött csemete is lehet (JUNG és mtsai 2007; GIBBS és mtsai 1999).

Egyes vizsgálatok alapján a termések is szolgálhatnak fertőzési forrásként, különösen enyhébb teleken, illetve Európa déli részén (SCHUMACHER és mtsai 2006; HAQUE és DIEZ 2012).

Ha az állomány fertőződött, a beteg fák kitermelése sem jelent elegendő védekezést, ugyanis a patogén a talajban maradó gyökereken is képes túlélni. Ráadásul, vizsgálatok alapján, ezekben az állományokban nagy valószínűséggel a még tünetmentes faegyedek is fertőzöttek (CECH 1998). Szisztémikus hatású növényvédő szerek hatásosak lehetnek a kórokozóval szemben, a lép- vagy ligeterdei ökoszisztémában ezek alkalmazása azonban nagy ökológiai kockázattal jár, emiatt nem tanácsos (CECH 1998). A védekezés során a megelőzésre kell a hangsúlyt fektetni. Biztosítani kell a talaj jó szellőzését, és a vízállásokat meg kell szüntetni (WERRES és mtsai 1998). A sarjzattatás is elősegíti a fák megbetegedését, ugyanis a tösebeken keresztül könnyebben fertőz a kórokozó. Így a megelőzés részeként, a sarjzattatás felhagyása is fontos Európa azon országaiban, ahol a törvényi keretek ezt engedik (WERRES és mtsai 1998). Csemeteültetés esetében, lényeges, hogy kórokozó-mentes talajban, helyben nevelt csemetét alkalmazzunk. Tavakból, folyóvizekből kiemelt víz alkalmazása öntözővízként nem javasolt (JUNG és mtsai).

Fertőzött fák gyökérszónájának talajából, illetve szöveteiből más *Phytophthora*-fajokat is izoláltak. Így növényi szövetekből kitenyésztettek *P. citricola* Sawada-t, *P. cactorum*-ot, *P. gonapodyides*-t, *P. megasperma*-t és *P. pseudosyringae*-t; talajból pedig fentiekén kívül *P. inundata* Brasier, Sánch.-Hern. & S. A. Kirk-t, *P. lacustris* Brasier, Cacciola, Nechw., Jung & Bakonyi -t, *P. taxon raspberry* -t, *P. taxon hungarica*-t is (SZABÓ és mtsai 2013; MARÇAIS és HUSSON 2014). Bár ezen fajok is okozhatják az állományok leromlását (SZABÓ és mtsai 2013), a járványos égerpusztulásért feltehetően mégsem ezek felelősek (MARÇAIS és HUSSON 2014).

3.1.2.3. *Phytophthora* fajok dióféléken

A *Juglans* nemzetség 21 taxont foglal magában. A nemzetség fajainak elterjedési területe nagy, Kelet-Ázsiától Amerikáig fordulnak elő a fajok. A *Rhysocaryon* szekció fajai, a feketediók Amerikában honosak. A csoportba hat észak-amerikai, három közép-amerikai és négy dél-amerikai faj tartozik. A *Trachycaryon* szekcióba is tartozik egy amerikai honosságú faj, a *Juglans cinerea* L. Ez a faj Észak-Amerika keleti felén honos. Európában a nemzetség egyetlen faja, a királydió (*Juglans regia* L., *Juglans* szekció) őshonos. Ennek a fajnak az elterjedési területe Európától Kínáig és a Himalájáig terjed. Kelet-Ázsiában a nemzetséget a *Cardiocaryon* szekció fajai képviselik. (ARADHYA és mtsai 2007)

A nemzetség fajai közül a királydió a legnagyobb területen termesztett faj. Előszeretettel ültetik diótermesztés céljára, valamint értékes faanyaga miatt (BELISARIO és GALLI 2012). Több országban, a feketediók és a hibrid diók is széles körben elterjedt, értékes ipari alapanyagot adó fák.

Magyarországon ökonómiai szempontból az őshonos királydió mellett a feketedióknak van jelentősége. Állományszerűen ártéri és egyéb, többletvízhatás alatt álló termőhelyeken termesztik őket. Az egzóta feketedió elegyetlen állományai hazánk erdőterületének mintegy 0,5%-át borítják. Faanyaguk a bútortipar számára szolgáltat keresett és értékes alapanyagot. (MOLNÁR és BARISKA 2006)

A két közeli rokon fafaj számos közös növénykórtani problémával is rendelkezik. Egy ilyen betegség a diók fitoftóráis gyökér- és gyökfő pusztulása, melynek jelentősége az okozott gazdasági kár növekedésével párhuzamosan nő mind Európában, mind Észak-Amerikában (BELISARIO és GALLI 2012).

Tizenkét *Phytophthora* faj ismert, mint dió fajok kórokozója. Ezek egyaránt képesek megbetegíteni a csemetéket és az idős állományokat is. A tizenkét *Phytophthora* faj a következő: *P. cactorum*, *P. citricola*, *P. cinnamomi*, *P. citrophthora* (R.E. Sm. & E.H. Sm.) Leonian, *P. cryptogea*, *P. megasperma*, *P. cambivora*, *P. drechsleri* Tucker, *P. hedraiandra* de Cock & Man in't Veld, *P. nicotianae*, *P. palmivora* (E.J. Butler) E.J. Butler és *P. plurivora* (MIRCETICH és MATHERON 1983; BELISARIO és GALLI 2012).

Dió fajok esetében a fitoftóráis fertőzésnek nincsenek specifikus tünetei. A pusztulás okozójának meghatározásához ezekben az esetekben laboratóriumi vizsgálatokra van szükség. A koronában a gyökérbetegségekre vagy abiotikus károkra is utaló hervadás, apró, sárguló levelek képződése észlelhető. Alkalmanként a fa gutaütésszerűen, hirtelen elpusztul. A törzsön megjelenhetnek rákos sebek, nyálkafolyás, izzadmányfoltok, vagy akár nagy, lángnyelvszerű, sötét, elhalt területek. A gyökerek pusztulása jelent a fitoftóráis fertőződés fő tünetét. Általában először a hajszálgökök pusztulnak el, majd ezt követően a vastagabb, idősebb gyökerek is (BELISARIO és GALLI 2012). Amennyiben elhúzódó pusztulási folyamat jelentkezik, a koronatünetek a fertőződéshez képest néhány év időbeli késleltetéssel jelentkeznek, bár vannak faegyedek, amelyek a fertőződést észlelhető koronatünetek kialakulása nélkül túlélnek (BELISARIO és GALLI 2012).

A kórokozók elterjedése, a fertőzés és a kialakuló betegség súlyossága egyaránt a talaj nedvességtartalmától és telítettségének idejétől függ (BELISARIO és GALLI 2012). m a fertőzés akár egyszeri áradások során is bekövetkezhet (VETTRAINO és mtsai 2003).

Hazánkban a 2000-es évek elején Gemenc ártéri feketediósaiban észlelték először a fafaj fitoftóráis pusztulását (SZABÓ és LAKATOS 2008). A 80 év feletti idős állomány fáinak koronája hervadásos tüneteket mutatott, annak ellenére, hogy a talaj nedvességtartalma a feketedió számára optimálisnak bizonyult, és semmilyen más, látható betegség okot nem találtak a szakemberek (SZABÓ és LAKATOS 2008). A gyűjtött talajmintákból és szövetekből *Phytophthora* fajokat, leggyakrabban *P. cactorum*-ot és *P. plurivora*-t azonosítottak, melyek patogenitását feketedió csemeték mesterséges fertőzésével igazolták (SZABÓ és LAKATOS 2008). Az azóta eltelt időben hazánk több táján, így az Észak-Dunántúlon is hasonló tünetek jelentek meg idős feketedió állományokban.

Az elmúlt évtizedekben több kutató is hozzájárult munkájával ahhoz, hogy jobban megérthessük a diók, elsősorban a királydió fitoftóráis betegségét. Matheron és Mircetich vizsgálataik egyik konklúziójaként, megállapították, hogy a királydió csemeték *P. citricola*-val szembeni fogékonyasága szezonális mutatót mutat. A nyári és az ősz eleji fertőzésekkel szemben fogékonyabbak, mint a késő őszi vagy tavaszi fertőzésekkel szemben (MATHERON és MIRCETICH 1985a). Vettraino és munkatársai eredményei kimutatták, hogy a fertőzött diófák esetében leggyakrabban izolált öt *Phytophthora*-faj azonos körülmények között, eltérő tüneteket okoz. Kísérletük alapján, a dió csemetékre a legnagyobb veszélyt a *P. cinnamomi* jelenti, a fák hirtelen pusztulását okozva; míg a *P. cactorum* és a *P. cambivora* lassan kolonizálják a gyökereket, elpusztítva a fő- és mellégyökereket is. A *P. citricola* is gyökereken keresztül fertőz, azonban az előbbi két fajjal ellentétben, csak a vékony gyökereket támadja, a főgyökeret nem károsítja (VETTRAINO és mtsai 2003).

3.1.2.4. Csonthéjasok fitoftórási megbetegedései

A madárcseresznye (*Prunus avium* L./ *Cerasus avium* Moench.) Eurázsia és Észak-Amerika elegyes lombhullató erdeinek fontos elegyfafaja (VAUGHAN és mtsai 2007). Értékes faanyaga miatt előszeretettel ültetik egész Európában (SANTINI és mtsai 2006).

Több más kórokozó mellett, a termőhelyi és időjárási körülményektől függően, több *Phytophthora* faj is megbetegítheti és elpusztíthatja a madárcseresznye fákat, ezzel súlyos anyagi veszteséget okozva (THOMIDIS és mtsai 2008).

A madárcseresznye fitoftórási gyökér- és gyökfő-pusztulásának tünetei többfélék lehetnek. Mircetich és Matheron, megfigyeléseik alapján háromféle betegség lefolyását különböztettek meg. Az első esetben a fák tavasszal nem hajtottak ki. Ha a fák kihajtottak tavasszal, előfordult, hogy leveleik kicsik, sárgás színűek voltak, idő előtt lehullottak és az ágvégek is elhaltak. A tavasszal fenti tüneteket mutató fák a nyár folyamán általában elpusztultak. Előfordultak megfigyeléseik szerint olyan fertőzött fák is, amelyek ugyan tavasszal kihajtottak és erőteljes növekedést mutattak, de az első nyári hőségnapok folyamán elpusztultak. Ezen fák esetében a törzs alsó részén kiterjedt rákok voltak megfigyelhetők, és a fák pusztulása után erőteljes gyökérpusztulás is látható volt (MIRCETICH és MATHERON 1976). Más szerzők a fertőzött fák csökkent növekedési erélyét, a levelek sárgulását, gyökér-és gyökfőpusztulást, valamint a belső kéreg vörösesbarna, lángnyelvszerű, éles vonallal elhatárolt elszíneződését említik jellegzetes kórképként (VETTRAINO és mtsai 2008).

A betegséggel szemben különösen a fiatal (2-35 éves) fák érzékenyek, különösen az időszakos vízhatásnak, gyakori elárasztásnak kitett, rossz vízvezetésű talajokon álló állományokban (MIRCETICH és MATHERON 1976; WILCOX és MIRCETICH 1985; VETTRAINO és mtsai 2008). Az áradások során kialakuló alacsony oxigén-szint ugyanis a *Prunus* fajok esetében gyökérpusztulást, és betegségekkel szembeni megnövekedett fogékonyságot okoz, ugyanakkor a talaj megnövekedett nedvességtartalma elősegíti a sporangium képződést és a zoospórák terjedését, a gyökerek megtalálását kemotaxis útján és a fertőzés folyamatát is (WILCOX és MIRCETICH 1985; JACOBS és JOHNSON 1996). A legtöbb, *Prunus* fajokról izolált *Phytophthora* faj esetében, amennyiben a talaj 48 órán keresztül vízzel telített, jelentős gyökérpusztulás következik be. A legsúlyosabb károkat okozó *P. cryptogea* esetében ennél rövidebb időszak is súlyos kárt okoz (WILCOX és MIRCETICH 1985). Jacobs és Johnson kísérleti úton igazolták, hogy a betegség kialakulásában és lefolyásában az áradásoknak, a talaj vízzel való telítődésének kulcsszerepe van. Ha a talaj nem telítődött vízzel, a *Phytophthora* fajok nem voltak képesek súlyos fertőzést okozni a cseresznyefák gyökerein, míg a rendszeresen ismétlődő, vagy hosszabb ideig tartó elárasztások súlyos betegséget okoztak (JACOBS és JOHNSON 1996).

Irodalmi adatok szerint, a *P. alni*, a *P. cactorum*, a *P. cambivora*, a *P. cinnamomi*, a *P. citricola*, a *P. citrophthora*, a *P. cryptogea*, a *P. drechsleri*, a *P. megasperma*, a *P. nicotianae* és a *P. syringae* esetében ismert, hogy természetes vagy kísérleti körülmények között képesek megbetegíteni a madárcseresznye fákat (MIRCETICH és MATHERON 1976; THOMIDIS és SOTIROPOULOS 2003; SANTINI és mtsai 2006; THOMIDIS és mtsai 2008; VETTRAINO és mtsai 2008). Néhány *Phytophthora* faj agresszivitásának vizsgálatára összehasonlító kísérleteket is végeztek, melyek alapján elmondható, hogy a legagresszívabbnak a *P. cryptogea* bizonyul, mely után csökkenő sorban következett a *P. cinnamomi*, a *P. cambivora*, a *P. citricola* és a *P. megasperma*. A *P. drechsleri* a többi fajhoz képest sokkal kevésbé volt agresszív, nem okozta a fák nagy arányú pusztulását (WILCOX és MIRCETICH 1984).

A kórokozók bejutása elleni megelőző eljárások, és a fák vitalitását növelő kertészeti, illetve erdőművelési eljárások alkalmazása jelentik a betegség elleni leghatásosabb védekezést (WILCOX és MIRCETICH 1984; BOSSHARD és mtsai 2004). Ha azonban a talaj ismétlődő telítődése megszűnik, és újabb fertőzés sem következik be, a fák képesek az elpusztult gyökereket pótolni, és a betegségből felépülni (WILCOX és MIRCETICH 1984).

Az áradások, vízállások elkerülésével, illetve a talaj vízvezető képességének javításával feltehetően minimális mértékűre csökkenthető a fitoftórák gyökérbetegségek kialakulásának esélye cseresznye és más csonthéjasok esetében (JACOBS és JOHNSON 1996), ez azonban nehezen kivitelezhető és rendkívül költséges eljárás a szaporítóanyag elültetése után (WICKS és HALL 1988). Gyümölcsstermesztési célú ültetvényekben, parkokban alkalmazható eljárás a toleráns vagy rezisztens változatok előnyben részesítése (WILCOX és MIRCETICH 1985). Vegyszeres védekezés szempontjából, a foszforosav hatóanyagú növényvédő szerek lombozatra permetezése akár 17 hetes védekezést is biztosíthat. Emellett a növényvédő szerek, vagy foszfit hatóanyagú tápoldatok törzsbe injektálása is hatékony lehet a betegség elleni védekezésben (WICKS és HALL 1988). A vegyszeres védekezés azonban kertészeti körülmények között kivitelezhető gazdaságosan. Erdőállományokban az okozott ökológiai kockázat és a szerek kijuttatásának magas költsége is a vegyszere védekezési módok ellen szól. A betegség elleni erdővédelmi eljárásoknak a predispozíciót okozó környezeti tényezők javítását és a kórokozó adott területre történő behurcolásának megakadályozását kell célozniuk.

3.1.2.5. Phytophthora fajok tölgyeken

Európa egész területén a tölgyborítás rendkívüli jelentőségű ökológiai, hidrológiai, talajvédelmi és gazdálkodási szempontból is. A tölgyek változatos termőhelyeket hasznosítanak, az árterek magasabb térszintjeitől a félszáraz-száraz dombvidékekig. Míg Észak-, Közép- és Kelet-Európában a kocsányos tölgy (*Quercus robur* L.) és a kocsánytalan tölgy (*Q. petraea* [Mattuschka] Lieblein) dominál, Dél-Európában az örökzöld paratölgy (*Q. suber* L.), magyaltölgy (*Q. ilex* L.) és *Q. coccifera* L. mellett a csertölgy (*Q. cerris* L.), a molyhos tölgy (*Q. pubescens* Willd.), a magyartölgy (*Q. frainetto* Ten.) és a pireneusi tölgy (*Q. pyrenaica* Willd.) fordulnak elő. Ezek a fafajok egyrészt értékes ipari nyersanyagot és megújuló erőforrást szolgáltatnak, másrészt a tradicionális legelőerdő-gazdálkodás fontos elemei is. (BRASIER 1996)

Az európai tölgyesekben a 20. század folyamán többször is mutatkoztak a pusztulás jelei (BRASIER 1996; JUNG és mtsai 1996; JUNG és mtsai 2000; BALCI és HALMSCHLAGER 2003a). Az 1980-as évek végén, és az 1990-es években Európában és Észak-Amerikában a tölgypusztulás az egyik legkiterjedtebb erdőpusztulás volt (VANNINI és mtsai 1996). Egy-egy régióban vagy akár a tölgyek teljes elterjedési területén, hasonló, nem specifikus tünetek jelentek meg (BRASIER 1996; BALCI és HALMSCHLAGER 2003a). A koronában ágelhalások, a korona kiritkulása, egyes koronarészek, vagy a teljes korona elhalása volt tapasztalható (VANNINI és mtsai 1996). A levelek a normálisnál kisebb méretűek, alkalmanként sárgás színűek voltak (BLASCHKE és JUNG 1996; VANNINI és mtsai 1996). A kérgen nekrotikus foltok jelenhetnek meg. Jellegzetes lehet a gyökfőn rákos sebek kialakulása, melyet gyakran sötét színű váladék kiválasztása kísér. Emellett sok esetben tapasztalták a kéreg rendellenes repedezettségét, táblás leválását és a hánacs barnás elszíneződését is (BLASCHKE és JUNG 1996). Az érintett faállományok növedéke is lecsökkent (VANNINI és mtsai 1996). Mivel a fenti tünetegyüttes víz-és tápanyag-ellátási zavarokra is utalhat, több esetben

gyökérfeltárást is végeztek a szakemberek az érintett állományokban. A beteg fák gyökerein általában nekrotikus sebeket találtak, valamint feltűnő volt a vékonygyökérzet és az ektomikorrhiza károsodása a pusztuló faegyedek esetében (JUNG és mtsai 1996). A pusztulás általában idős állományok esetében jelentkezett (JUNG és mtsai 2000).

Legtöbb esetben a pusztulást több abiotikus és biotikus tényező interakciója válthatta ki a feltételezések szerint (VANNINI és mtsai 1996). Így a pusztulás feltételezett okaként a szakirodalom stresszt okozó környezeti tényezőket, antropogén hatásokat és a stressz következtében legyengült fákat támadó biotikus tényezőket nevez meg (BRASIER 1996). Környezeti tényezők közül az aszály, az elhúzódoó áradás, a talajvízszint gyors ingadozása, hideg telek, kései fagyok, szokatlan időben érkező meleg vagy csapadékos időjárás okozhat stresszt (BRASIER 1996; VANNINI és mtsai 1996; BALCI és HALMSCHLAGER 2003a, CSÓKA és mtsai 1999). Továbbá a légszennyezés vagy a gazdálkodási mód változása hozzájárulhatott helyenként a gyengültségi állapot kialakulásához (BALCI és HALMSCHLAGER 2003a). Hazánkban a légszennyezés vagy a savas csapadék, ülepedés nagy valószínűséggel nem vett részt a kocsánytalan tölgy pusztulás folyamatában (IGMÁNDY és mtsai 1985). Biotikus tényezők között találhatóunk fában költő (*Agrilus spp.*, *Scolytus spp.*, *Xylotrechus antilope* Schönherr.) és lombrágó (*Lymantria dispar* L., *Tortrix viridiana* L., téli araszolók) rovarokat, kéregnekrózist okozó (*Diplodia mutila* Fr., *Pezicula spp.*, *Fusarium solani* [Mart.] Sacc., *Hypoxylon mediterraneum* [De Not.] J. H. Mill.), leveleket megbetegítő (*Erysiphe alphitoides* Griffon & Maubl.) és tracheomikózist okozó (*Ophiostoma spp.*, *Ceratocystis spp.*) gombákat is, bár, a tracheomikózist, mint magyarázatot a 20. század végén elvetették (SZONTÁGH 1985; BRASIER 1996; VANNINI és mtsai 1996; CSÓKA és mtsai 1999; BALCI és HALMSCHLAGER 2003a). A gyökereken és a fák tövén tapasztalt tünetek gyökérfeltárási pusztulásban betöltött jelentős szerepére utalnak. A gyökérfeltárási pusztulásban több *Phytophthora* faj, illetve *Armillaria* fajok fertőzését állapították meg (BRASIER 1996; BALCI és HALMSCHLAGER 2003a). Bár a későbbiekben kocsánytalan tölgy gyökérfeltárási pusztulásában Magyarországon is sikerült *Phytophthora* fajokat kitenyészteni (SZABÓ és mtsai 2013), feltételezhetően a hazánkban korábban lezajlott tölgypusztulás folyamatában ezek a fajok nem vettek részt.

Jung és munkatársai egy közép-európai felmérés eredményei alapján kétféle tölgypusztulás jelenlétét állapították meg a térségben, a termőhelyi tényezők függvényében. Az első leromlási folyamat mozgatója a *Phytophthora*-fajok. Ez a fajta leromlás vizsgálataik szerint pH 3,5 feletti talajkémhatás esetében következik be (JUNG és mtsai 2000). A tölgyek toleranciája a *Phytophthora* fajok támadásával szemben koruk előrehaladtával csökken (JUNG és mtsai ; BRASIER 1996). Nem tudják pótolni elvesztett vékonygyökereiket, melynek következtében legyengülnek, és az abiotikus környezeti feltételek kedvezőtlen alakulása esetén fogékonyvá válnak egyéb, másodlagos károsítók és kórokozók támadására is (HANSEN és DELATOUR 1999; JUNG és mtsai 2000). Ebben az esetben a hajszálygyökerek állapota és a korona állapota között szoros kapcsolat mutatható ki (JUNG és mtsai 2000). A második esetben ezzel szemben nem mutatható ki szignifikáns összefüggés a hajszálygyökerek állapota, és a korona állapota között. Ebben az esetben a pusztulás egyértelműen a koronában kezdődik, és feltételezhetően az aszály, a lombrágó rovarok gradációja és egyéb, legyengült fákat támadó károsítók (pl. *Agrilus biguttatus* Fabricius) és kórokozók (Pl. *Armillaria mellea* [Vahl. Fr.] Kummer) okozzák az állomány pusztulását (JUNG és mtsai 2000). Európa egyes területein, így Észak-Kelet-Franciaországban vagy Ausztriában azonban, bár kimutatható a *Phytophthora* fajok jelenléte és károsítása, a fák egészségi állapotával ez nem mutat szoros kapcsolatot (HANSEN és DELATOUR 1999). Elképzelhető, hogy

ezekben az esetekben a *Phytophthora* fajok pusztítása és a tölgyek gyökérfejlődése közötti egyensúly felborulása predispozíciót jelent egyéb, a föld feletti hajtásrészeket támadó fajok okozta pusztuláshoz (HANSEN és DELATOUR 1999). A pusztulás sekély talajú, száraz termőhelyeken a talajban levő nagyobb gyökérkoncentráció és a termőhely száraz jellege miatt is súlyosabb lehet (BALCI és HALMSCHLAGER 2003b).

Európai kocsánytalan és kocsányos tölgy állományokban az alábbi *Phytophthora* fajok előfordulását észlelték: *P. cactorum*, *P. cambivora*, *P. cinnamomi*, *P. citricola*, *P. europaea* E. M. Hansen & T. Jung, *P. gonapodyides*, *P. psychrophila* T. Jung & E. M. Hansen, *P. quercina* T. Jung, *P. syringae*, *P. uliginosa* T. Jung & E. M. Hansen, (BLASCHKE és JUNG 1996; JUNG és mtsai 1996; HANSEN és DELATOUR 1999; JUNG és mtsai 2002; BALCI és HALMSCHLAGER 2003a; BALCI és HALMSCHLAGER 2003b). Adott környezeti feltételek teljesülése mellett, fenti fajok mindegyike képes megbetegíteni a tölgyek gyökérzetét. Mesterséges fertőzési kísérletek alkalmával Közép-Európában a legagresszívabbnak a *P. cambivora* és a *P. quercina* bizonyultak kocsányos tölgy csemetékkel szemben, míg Törökország európai területein a *P. cinnamomi* messze agresszívabbnak bizonyult kocsánytalan tölgy csemetékkel szemben (JUNG és mtsai 1996; JUNG és mtsai 2000; BALCI és HALMSCHLAGER 2003b).

A *Phytophthora quercina* pusztuló és egészségesnek tűnő kocsányos és kocsánytalan tölgy állományokban is előfordul. Közép-Európában nedves, mérsékelt nedves, mérsékelt száraz, száraz és időszakos vízgazdálkodású termőhelyeken, homokos-vályog, vályog, lösz, vagy agyag fizikai féleségű talajokon, 3,5-7,3 pH tartományban izolálták (JUNG és mtsai 2000; BALCI és HALMSCHLAGER 2003a), míg Észak-Európában ennél lényegesen savanyúbb, tápanyagszegény talajokon is bizonyították előfordulását és fertőzőképességét (JÖNSSON és mtsai 2003). Oospóráinak vastag fala feltehetően a szárazabb termőhelyekhez való alkalmazkodást szolgálja (JUNG és mtsai 1999). A hűvösebb évszakok során a talaj rövid ideig tartó vízzel való telítődése is elegendő a tömeges sporangium képzéshez, és a zoospórák kibocsátásához (JUNG és mtsai 2000). Ezen kívül, a levelek hervadását okozó elicitin típusú toxint is termel, mely szintén hozzájárul a gazdanövény sánylódéséhez (JUNG és mtsai 2000). Patogenitási tesztek eredményei alapján a faj oligifág, a *Quercus* nemzetség fajainak specialistája (JUNG és mtsai 2000). Általános elterjedési területe, tág ökológiai tűrőképessége és a tölgypusztulásban feltételezhetően betöltött szerepe arra utalhat, hogy ez a faj az európai tölgyes ökoszisztémák természetes eleme, mely feltételezhetően koevolúcióban fejlődött a tölgyekkel (BALCI és HALMSCHLAGER 2003a).

A *P. citricola* hasonlóan tág pH tartományon (pH 3,5-6,6) fordult elő Európa tölgyeseiben, azonban ez a sokgazdás patogén a száraz termőhelyekről hiányzott (JUNG és mtsai 2000; BALCI és HALMSCHLAGER 2003a; BALCI és HALMSCHLAGER 2003b; JÖNSSON és mtsai 2003). A gyökerek károsítása mellett, a *P. quercina*-hoz hasonlóan szintén képes olyan elicitinek termelésére, melyek a levelek hervadását okozzák (JUNG és mtsai 2000). Aggresszivitása kocsányos tölgy csemetékkel szemben szignifikánsan kisebb, mint előbbi fajú (JUNG és mtsai 1996).

A *P. gonapodyides*, *P. syringae*, *P. europaea* fajok mérsékelt nedves –nedves termőhelyeken fordulnak elő, míg a *P. uliginosa* kifejezetten a magas vízálláshoz kötődik (JUNG és mtsai 2002; BALCI és HALMSCHLAGER 2003a). A *P. psychrophila* alacsony kardinális hőmérsékleti igényei azt jelzik, hogy ez a faj jól adaptálódott a téli és a tavaszi időszakhoz. Ahhoz, hogy képes legyen a csemetéket megfertőzni, alacsony (12-20°C) hőmérsékletre és háromhavi, 5°C-os inkubációra volt szüksége mesterséges körülmények között, mely arra utalhat, hogy a faj a csapadékos, ám hideg-hűvös időszakokban fertőzi meg a gazdanövényt a természetben (JUNG és mtsai 2002).

A fák pusztulása elleni védekezés egy módja lehet a foszfit hatóanyagú szerekkel történő injektálás (JUNG és mtsai 1996). Erdőállományok esetében, az állomány vitalitásának megőrzését segítő erdőművelési eljárások lehetnek célra vezetőek.

A kocsányos tölgy állományok *Phytophthora* fajok okozta leromlásának megértésére két elméleti modellt dolgoztak ki. Mindkét modell a mérsékelt övi, savanyú (pH<5,0) talajokon álló kocsányos tölgyesekben lezajló változásokat vizsgálja, eltérő időjárási feltételek esetén (JÖNSSON 2006).

Heves vagy hosszan tartó esőzések következtében az erdő talaja vízzel telítődik, amely elősegíti a sporangiumok keletkezését, a zoospórák kibocsátását és terjedését. Ezáltal megnő a gyökérfertőzés valószínűsége, és párhuzamosan a gyökereket érő kár mértéke is. A gyökérelhalás következtében a növény gyökérzetében felhalmozódnak a szénhidrátok, melyek pozitívan befolyásolják a zoospórák kemotaxisát; így tovább nő a fertőzés esélye és a károsodás mértéke. Mindezzel párhuzamosan, a talajban kialakuló oxigénhiány következtében csökken az ektomikorrhiza-borítás a tölgy gyökerein, ami kaput nyit a *Phytophthora*-fertőzés számára. Az ismétlődő fertőzések következtében a fa egyre több szénest fordít védekező anyagok (pl. fenolok) szintézisére, emiatt növekedése visszaesik, tartalékai pedig fokozatosan kimerülhetnek. Ha a talaj nitrogén-oxidokban szegény, a védekezés sikeres lehet a kórokozóval szemben. Ellenkező esetben, a nitráttartalom a zoospórák keletkezését segíti, míg a többi nitrogén-oxid a hajtásnövekedést segíti, a fenolszintézis és a gyökérnövekedés kárára, mely a fa pusztulásához vezet. Az alacsony kálium és magnézium tartalom szintén elősegíti a fa pusztulását, ugyanis a tápanyaghiány miatt lecsökkent mértékű fotoszintézis következtében a növény számára nem áll rendelkezésre elegendő mennyiségű szénhidrát a fenolszintézishez és az elveszített gyökerek pótlására. (JÖNSSON 2006)

A hosszú ideig tartó aszály ugyan csökkenti a gyökérfertőződés esélyét, de ugyanakkor a vízhiány miatt a fotoszintézis mértéke is csökken, melynek következtében a gyökerek növekedéséhez és a fenolszintézishez nem áll a növény rendelkezésére elegendő mennyiségű szénhidrát. A hosszan tartó szárazság teljesen kimerítheti a növény szénhidrát-tartalékait, melynek következtében a növényi szövetek fogékonyabbá válnak. Ugyanakkor, a tartós vízhiány a mikrobiális tevékenységet, így az ektomikorrhizát is károsítja, megnövelve a talajlakó kórokozók támadási felületét. Miután a talaj ismét vízzel telítődik, a *Phytophthora*-fertőzés súlyosabb lesz az aszály okozta predispozíció miatt. A *Phytophthora* fajok támadásának nyomán pedig másodlagos kórokozók és károsítók támadhatják meg a legyengült fákat. (JÖNSSON 2006).

Cser (*Q. cerris* L.) esetében Törökországban és Olaszországban végeztek felméréseket. Törökországban Balci és munkatársai pusztuló csertölgyek gyökérszónájából *P. quercina*-t, *P. citricola*-t és *P. cryptogea*-t izoláltak, melyek közül a legagresszívebbnek a *P. citricola* bizonyult (BALCI és HALMSCHLAGER 2003b). Olaszországban Vannini és munkatársai az aszály következtében a gyenge termőhelyeken álló, pusztuló cser állományok esetében nem a *Phytophthora* fajok, hanem a *Hypoxylon mediterraneum* előfordulása és a tünetek súlyossága között találtak szignifikáns összefüggést (VANNINI és mtsai 1996).

A Földközi-tenger medencéjében a tölgypusztulás feltehetően az 1980-as években kezdődött (BRASIER 1996; ROBIN és mtsai 1998). Az Ibériai-félszigeten a *Quercus suber* L., a *Q. ilex* L., és kisebb mértékben a *Q. faginea* Auteur. Lam. és *Q. pyrenaica* Willd. érintettek, míg Olaszországban a *Q. cerris* L., a *Q. frainetto* Ten. és a *Q. pubescens* Willd. pusztul (BRASIER 1996). Dél-Franciaországban a pusztulás a paratölgyet és a magyaltölgyet érinti (ROBIN és mtsai 1998). A paratölgy pusztulása

Dél-Európán kívül Tunéziában és Marokkóban is megfigyelhető. (BRASIER 1996). A magyaltölgy és a paratölgy közül a magyaltölgy érzékenyebb a pusztulással szemben (ROBIN és mtsai 1998).

A tapasztalt tünetek ez esetben is komplex folyamatra utalnak (ROBIN és mtsai 1998). A szokott időszakon kívül jelentkező aszály, a nyári áradások, a földhasználat változása és a légszennyezés mellett, fában költő rovarok (*Platypus spp.*) és rákot okozó kórokozók (*Hypoxylon mediterraneum* J. H. Mill., *Diplodia mutila* (Fr.) Mont.) megjelenése tapasztalható ezeken a területeken (BRASIER 1996; VANNINI és mtsai 1996). Az állományok fáinak akár egy-két vegetációs időszakon belül is elpusztulhatnak, de évekig elhúzódó, nagy területekre kiterjedő leromlás is megfigyelhető (BRASIER 1996).

A jellegzetes tünetek a korona hirtelen hervadása, elhalása a nyár elején vagy ősszel, a fák tövében izzadmányfoltok megjelenése, a gyökér stresszes állapotát jelző vízajtások tömeges megjelenése a törzsön és abnormális fruktifikáció (BRASIER 1996; ROBIN és mtsai 1998). A pusztulás a gyökérbetegségekre jellemző, fokozatos, körkörös módon terjed, és elsősorban többletvízhatás alatt álló termőhelyeken (pl. patak völgyek, pangóvízes mélyedések) vagy bolygatott élőhelyeken (legelő, tűzvédelmi pászta környéke stb.) jelenik meg (BRASIER 1996; ROBIN és mtsai 1998).

A gyökérfeltárások során a fa tövében, illetve a vastagabb gyökerek felületén talált nekrózisokból a *P. cinnamomi*-t mutatták ki a szakemberek (BRASIER 1996; ROBIN és mtsai 1998). A patogén Új-Guinea-ban és Dél-Afrikában honos, melyre magas kardinális hőmérsékleti értékei is utalnak. Rengeteg ismert gazdanövénnyel rendelkezik. A kedvezőtlen időszakokban túlélését klamidospórái biztosítják, melyek a talajjal történő terjedés eszközei is. A kórokozó a gyökerek károsításával egyidejűleg, a gazdanövény citokinin-termelésének szabályozását károsító toxint is termel, melynek következtében a gázcsere nyílások szabályozása gátolttá válik, és a koronában a vízhiányra utaló hervadásos tünetek jelennek meg (BRASIER 1996). A felmért területekről begyűjtött különböző izolátumok agresszivitásában eltérés figyelhető meg (ROBIN és mtsai 1998).

A leromlás a termőhely függvényében kétféleképpen történhet. Állandóan vagy időszakosan vízzel telített talajok esetében a vastagabb gyökerek és a gyökfő is károsodnak, és a nekrózisok következtében a fa rövid időn belül elpusztul. Szárazabb talajokon a kórokozó csak a vékony gyökereket képes elpusztítani. Jó termőhelyi feltételek mellett, a fa az elpusztult hajszálgyökereket képes pótolni, így tolerálva a kórokozó jelenlétét. Az aszály, a talajvízszint ingadozása vagy a kevés rendelkezésre álló vízért való erős kompetíció azonban a kialakult stressz erősségének függvényében a fák gyors pusztulását vagy állapotuk krónikus leromlását okozzák. Krónikus leromlás esetén a fák koronájának kiritkulása miatt megnövekvő talajhőmérséklet a mikrobiális tevékenység csökkenését és a mikorrhiza károsodását okozza, mely újabb kaput nyit a fertőzés számára. A folyamatot súlyosbíthatja a másodlagos kórokozók (pl. *Diplodia mutila*, *Biscogniauxia mediterranea* [De Not.] Kuntze, *Armillaria mellea*) és károsítók megjelenése. (BRASIER 1996)

A tölgyekben meglévő, *Phytophthora* fajokkal szembeni tolerancia stresszhatás következtében alakulhat fogékony gazdanövény-kórokozó kapcsolattá. Az 1980-as években a mediterrán tölgypusztulást megindító stresszhatás feltételezhetően az aszály volt. A fák állapotát azonban a legelőerdők túllegettése is leronthatta. (BRASIER 1996)

A feltételezett klímaváltozás is okozhatja a jövőben a *Phytophthora* fajok okozta tölgypusztulás jelentőségének növekedését Európa-szerte. Az évi középhőmérséklet 3°C-os növekedésének hatására a jelenleg a Mediterráneumban aktív *P. cinnamomi* elterjedési területe észak és kelet felé is eltolódna, egész Közép-Európát veszélyeztetve. Emellett a változások miatt egyre gyakoribbá váló rendellenes időjárási jelenségek-

szokatlan időszakban beköszöntő meleg vagy csapadékos időjárás-is gyakoribbá teheti a kórokozó számára kedvező időszakokat. (BRASIER 1996)

Észak-Amerikában, Kaliforniában az 1990-es évek közepén észlelték először a tengerparti tölgyek pusztulását: a *Lithocarpus densiflorus* (Hook. & Arn.) Rehder. fák tövén jelentkező nedvkiválással járó szövetelhalásokra, a törzsön elszórt foltok megjelenésére és a fák koronájának teljes kiritkulására figyeltek fel, erdőkben és lakott területeken is. 1997-re bebizonyosodott, hogy a betegség a *Q. agrifolia* Née és *Q. kelloggii* Newberry pusztulását is képes okozni (KILEJUNAS 2010). A további vizsgálatok során a sebekből folyamatosan egy ismeretlen *Phytophthora* fajt izoláltak és bizonyították az izolált kórokozó döntő szerepét a fák pusztulásában. Az izolátumok riboszomális DNS-ének ITS1 és ITS2 szekvenciái tökéletesen megegyeztek a Werres és mtsai által 2001-ben holland és német *Viburnum* és *Rhododendron* növényekről leírt *Phytophthora ramorum* törzsek szekvenciáival (WERRES és mtsai 2001; KILEJUNAS 2010). A kórokozó fenti tölgy fajok mellett, számos egyéb fa- és cserjefaj levelein is képes sporulálni, anélkül, hogy ezek pusztulását okozná (pl. *Umbellularia californica* (Hook.&Arn.) Nutt., *Rhododendron macrophyllum* D. Don., *Vaccinium ovatum* Pursh., *Arbutus menziesii* Pursh., *Aesculus californica* (Spach.) Nutt., *Acer macrophyllum* Pursh.). A jelenségnek jelentős szerepe van a járvány gyors terjedésében (KELLY és MEENTEMEYER 2002). A betegség gyors terjedése a városi és városközeli fák pusztulása miatt jelentős társadalmi felelősséget ró az erdészekre és kutatókra (KILEJUNAS 2010). A különleges ökoszisztémák károsításával, nagy valószínűséggel, jelentős ökológiai változást okoz, megnöveli az élőhely veszteség lehetőségét számos faj számára, növeli a tűzveszélyt és az erózió mértékét (KELLY és MEENTEMEYER 2002; RAMAGE és O'HARA 2010; FILIPE és mtsai 2012). Mára a pusztulás Kalifornia államban tíz megyére, és Oregon egy részére is kiterjed (GOHEEN és mtsai 2002; KELLY és MEENTEMEYER 2002). Védekezési lehetőségként felmerül a betegség korai észlelését célzó monitoring tevékenység a veszélyeztetett területeken, az észleléskor gyors kuratív és preventív kezelések elvégzése azokon a területeken, amelyek potenciálisan fertőzöttek, bár a tünetek még nem látszanak. A kezeléseknél nagy területen, szinkronban kell lezajlania. A gazdanövény nélküli barrierek létrehozása a járvány terjedésének lassításával segíthet. A monitoringozott terület kijelölését epidemiológiai adatok felhasználásával készült modellek segíthetik (FILIPE és mtsai 2012).

3.1.2.6. *Phytophthora*-fajok bükkön

A talajtípussal, domborzati viszonyokkal és klimatikus adottságokkal szemben egyaránt tág tűrőképességű bükk (*Fagus sylvatica* L.) Nyugat- és Közép-Európa erdeinek egyik leginkább domináns fafaja. A faj – különösen Nyugat-Európában – a telepített fenyvesek átalakítása során is fontos szereppel bír (JUNG 2009). Már az 1930-as évek óta ismert, hogy a bükk fogékony a *Phytophthora* fajokkal szemben (JUNG 2009; WEILAND és mtsai 2010).

Az 1990-es években Németország több pontján, de különösen a Bajor Alpok bükköseiben jelentős koronakiritkulást (25% feletti mértékben) figyeltek meg. Ezekben az állományokban a súlyosan károsodott koronájú egyedek aránya 32% volt. Ez a levélvesztés jelentette a legnagyobb veszélyt a talaj- és vízvédelmi szempontból is fontos erdőkre nézve (NECHWATAL és OBWALD 2001). A koronaritkulás okait több kutató is vizsgálta. Nechwatal és Osswald mindössze két állományból izolált *Phytophthora citricola*-t, mely agresszívnek bizonyult luc- és bükkcsemetékkal szemben is. Azonban mivel csak két mintavételi helyről sikerült izolálni a *P. citricola*-t, ők nem tartották valószínűnek, hogy a pusztulást ez a faj okozza (NECHWATAL és OBWALD 2001). Jung és Blaschke ebben az időszakban pusztuló állományokból a *P. citricola* mellett *P. cambivora*-t is izolált (JUNG és BLASCHKE 1996), míg Hartmann és

Blank 1998-ban a *P. cambivora* és a *P. pseudosyringae* fajok negatív hatásáról tudósított (HARTMANN és BLANK 1998).

2002-2003-ban ismét nagy területen jelentkezett a bükk pusztulása. Elsősorban a kötött, 3,7-7,0 pH kémhatású talajokon álló erdők sínylődtek (JUNG 2009). A tünetek a következők voltak: 25%-nál nagyobb mértékben kiritkult korona, az ágakon ecetszerűen megjelenő lombozat, sárgás, apró levelek, ágelhalások következtében a korona szerkezetének károsodása (JUNG 2009). A lombkorona károsodása a gyökérzet súlyos megbetegedésére utalhatott. A gyökfőn 1-2 m magasságig felhatoló narancsos-barnás, lángnyelvszerű elszíneződés jelent meg a kéreg alatt (JUNG 2009). A törzsön, akár 20 m magasságig, egymás felett elhelyezkedő, sötét nedkválással járó rákos sebek keletkeztek (JUNG 2009). Ezek a sebek egyes *Phytophthora* fajok szállítószövetekben történő terjedésre való képességére is utalhatnak (JUNG 2009; OSSWALD és mtsai 2014).

Németországon kívül, Nagy-Britanniában, Belgiumban, Hollandiában, Ausztriában, Csehországban, Lengyelországban, Szerbiában, Szlovéniában, Romániában, Törökországban is észlelték a bükk fitoftóra pusztulását (ORLIKOWSKI és mtsai 2006; MUNDA és mtsai 2007; SCHMITZ és mtsai 2007; JUNG 2009; MILENKOVIĆ és mtsai 2012). Hazánkban bükkösök pusztulását nem fitoftóra fajok okozzák. Csemetekerti körülmények között azonban, bükk csemeték pusztulását okozhatja a *P. cactorum*.

Európa-szerte, pusztuló bükkösökben a leggyakoribb fajok a *P. cactorum*, *P. cambivora*, *P. citricola* és *P. plurivora*, ám ezek mellett a *P. cinnamomi*, *P. gonapodyides*, *P. pseudosyringae*, *P. kernoviae* Brasier, Beales & S. A. Kirk, *P. ramorum* Werres, de Cock & Man in't Veld, *P. uliginosa* fajok is kapcsolatba hozhatók a bükk pusztulásával (NECHWATAL és OBWALD 2001; ORLIKOWSKI és mtsai 2006; MUNDA és mtsai 2007; SCHMITZ és mtsai 2007; JUNG 2009; WEILAND és mtsai 2010; MILENKOVIĆ és mtsai 2012).

A bükk *Phytophthora* fajokkal összefüggő pusztulása Észak-Amerikában is előfordul, elsősorban a *P. plurivora*, *P. cactorum*, *P. syringae* és *P. citricola* fajok okozzák (WEILAND és mtsai 2010). Agresszivitás tekintetében a fajok között, és az egyes fajokon belül is eltérés tapasztalható (WEILAND és mtsai 2010).

A *Phytophthora* fajok szerepe a bükk pusztulásában feltehetően hasonló, mint a közép-európai tölgy fajok esetében (JUNG 2009). A fertőzést elősegítheti az extrém csapadékos tavasz és nyár, míg a fák pusztulását felgyorsíthatja a szárazság okozta stressz (JUNG 2009). A *Phytophthora* fajok által legyengített fákat a későbbiekben másodlagos kórokozók, mint az *Ustilina deusta* vagy az *Armillaria mellea*, is megtámadhatják (JUNG 2009).

3.1.2.7. *Phytophthora* fajok a magyar erdőkben

Magyarországon 1999-ben 12-18 éves mézgás éger állományokba gyűjtött gyökér- és talajmintákból a többi európai országban izolált éger fitoftórákkal azonos fajt mutattak ki. (SZABÓ és mtsai 2000). Hazánkban a betegség elterjedésének és erdővédelmi hatásának az Erdészeti Tudományos Intézet által végzett vizsgálata alapján a kórokozó a hazai égerállományok megmaradását nem veszélyezteti (KOLTAY és mtsai 2007).

Az NYME Erdőművelési és Erdővédelmi Intézet kutatásai alapján mézgás égeren kívül még kocsánytalan tölgyön, csertölgyön és feketedión fordulnak elő *Phytophthora* fajok. A legnagyobb fajgyakoriságot az égerek talajában találták (9 faj: *P. alni*, *P. plurivora*, *P. gonapodyides*, *P. inundata*, *P. megasperma*, és 4 eddig nem leírt faj). Feketediőn a *P. cactorum*, a *P. plurivora* és egy nem leírt faj, kocsánytalan tölgyön a *P. multivora* és a *P. gonapodyides*, míg cseren csak a *P. multivora*-t találták

meg (SZABÓ és mtsai 2013). Szórványosan van adat a szelídgesztenye tintabetegségének előfordulásáról is.

3.2. *Phytophthora* fajok detektálásának és azonosításának módszerei

3.2.1. *Phytophthora*-fajok detektálása

A *Phytophthora* fajok a gyökerek és a tő szöveteinek elhalását, a hajtások és a levelek sárgulását, száradását, valamint kéregelhalást, törzsön megjelenő sebeket okozhatnak. A fertőzött, de még nem elhalt növényi részekből, a talajból és a vízből is kitenyészthetők. A megbetegített növényi részből izolált *Phytophthora* biztosan a betegség okozója is, míg a közeli rokon *Pythium*, vagy a szintén talajban élő *Fusarium*-fajokról nem mondható el ugyanez. Ez utóbbiak gyakran izolálhatók a beteg növényi részekből, azonban nem szükségszerűen ezek a betegség okozói. Kivétel ez alól a *Phytophthora gonapodyides*, mely gyakran előfordul vizes ökoszisztémákban, de csak gyenge kórokozó vagy nem is patogén. (ERWIN és RIBEIRO 1996)

A detektálás módszerével szemben elvárható, hogy legyen kellően hatékony, meglehetősen érzékeny, a kívánt mértékben (nemzetség vagy akár faj szinten) specifikus és meglehetősen gyors (O'BRIEN és mtsai 2009). Ez utóbbi az inváziók megakadályozása szempontjából nélkülözhetetlen, ugyanis a vezetői döntéshozatalhoz a szaporítóanyag-kereskedelem gyors ritmusával lépést tartó diagnosztikai eszközökre van szükség (PETTITT és mtsai 2002).

A detektálás történhet hagyományos módszerekkel, mint a fertőzött növényi anyag közvetlen mikroszkópi vizsgálata, a növényi részekkel történő csapdázás vagy a környezeti mintákból történő közvetlen kitenyésztés; immunreakción alapuló módszerekkel; illetve DNS alapú molekuláris technológiák felhasználásával (COOKE és mtsai 2007; O'BRIEN és mtsai 2009).

3.2.2. Hagományos detektálási módok környezeti mintákból

A *Phytophthora* fajok, lassú növekedésük miatt, nem izolálhatók a legtöbb gomba fajhoz hasonló módon. Tiszta tenyészetek előállításának megkönnyítésére különböző technikák alakultak ki az elmúlt évtizedekben (KRÖBER 1985). Dolgozhatunk a fertőzöttnek vélt környezeti minta közvetlen táptalajra helyezésével is (COOKE és mtsai 2007; O'BRIEN és mtsai 2009). Ehhez szelektív táptalajokra van szükségünk, melyek ismertetésével a következő alfejezetben részletesen foglalkozom. Közvetlen izolálás leggyakrabban fertőzött növényi részekből történik, de az eljárás víz- és talajminták esetében is alkalmazható (COOKE és mtsai 2007).

A közvetlen izolálás nagy előnye, hogy a pozitív vizsgálat esetén a további kutatásokhoz alanyul szolgáló *Phytophthora* törzset nyerünk (COOKE és mtsai 2007), míg hátrányai közt említhető, hogy viszonylag lassú a módszer, és nagy a hamis negatívok előfordulásának veszélye. A közvetlen izolálás során ugyanis a *Phytophthora* fajok növekedését a növényi anyagban található szerves anyagok (pl. fenolok), az egyéb, a növényben élő mikroorganizmusok antagonizmusa, és a kitaróképletek gátoltsága akadályozhatja. A hamis negatívok előfordulási arányát sűrűn cserélt desztillált vízben történő áztatással, és az oltás utáni megnövelt inkubációs idővel csökkenthetjük (O'BRIEN és mtsai 2009).

Talaj- és vízminták vizsgálata esetében, amikor az adott közegben számos kórokozó és szaprotróf mikroorganizmus él együtt, a csapdázás bevált szelektív módszernek bizonyul (KRÖBER 1985). A módszer lényege, hogy egy magas desztillált víz/talaj arányú keverék felszínén ép, egészséges, *Phytophthora*-ra fogékony növényi szövetek úsznak, melyeket a vízben keletkező zoospórák képesek megfertőzni (O'BRIEN

és mtsai 2009). Csapdaként felhasználhatók többek közt éretlen alma, körte; éretlen kakaóhévely, avokádó termés, citrom termés, citrus levél, szegfűszirm, fenyőtű, szójalevél, *Asparagus* csíranövény, avokádó csemete, csillagfűt csíranövény, lucerna csíra, szójacsíra, alma csemete, különböző növények sziklevei, *Rhododendron* levél, babérmeggy levél, oregoni hamisciprus -levél, tölgylevél stb (ERWIN és RIBEIRO 1996; THEMANN és WERRES 1998; JUNG és mtsai 1999; NAGY és mtsai 2000). Ha a csapda megfertőződött, akkor sötét, a növényi rész pigmenttartalmától függő színű, kemény foltok, léziók jelennek meg rajta (ERWIN és RIBEIRO 1996). Ezekből egy kis darabot kivágva, majd fertőtlenítés után szelektív táptalajra helyezve szinte biztos, hogy tiszta *Phytophthora*-tenyészetet kapunk (ERWIN és RIBEIRO 1996). Kísérleteim során, babérmeggy és *Rhododendron* levelek mellett, bükk, mézgás éger, madárcseresznye és kocsánytalan tölgy levelekkel is végeztem kísérletet. Fentiek közül a babérmeggy leveleken jelentek meg leghamarabb és legnagyobb számban a léziók. A levelek kora ugyancsak befolyásol. Babérmeggy esetében a fiatal, még lágy szövetű leveleken egy nap alatt képződtek léziók, míg az idősebb leveleken ez több időt vett igénybe. Emiatt, talajmintából történő izolálásra a fiatal levelek alkalmasabbak, míg élővizekből történő csapdázás esetén, ahol a felhígult fertőzési anyag tartalom miatt minél hosszabb ideig szükséges a csapdát vízben tartani, az idősebb levelek adnak jobb eredményt.

A módszer hatékonysága-a mintagyűjtés idejétől függően-0-90% közötti (O'BRIEN és mtsai 2009). A hatékonyságot nagyban befolyásolja, hogy a csapda milyen gazdanövény fajról származik (FERGUSON és JEFFERS 1999; COOKE és mtsai 2007; O'BRIEN és mtsai 2009), és, hogy milyenek az inkubáció paraméterei. 20 °C körüli hőmérséklet, és megnövelt inkubációs idő (24 óra helyett 72 óra) segíthet a hamis negatívok elkerülésében, azonban utóbbi a fertőzés veszélyét is megnöveli (FERGUSON és JEFFERS 1999). A módszer hatékonyságát növelheti az ismételt csapdázás, melynek során a kiszáritott talajmintát újra nedvesítjük, és újra csapdázunk. Hamis negatívok azonban a talajban lévő egyéb mikroorganizmusok gyorsabb növekedése, vagy gátlása miatt is keletkezhetnek (O'BRIEN és mtsai 2009).

Talajmintából *Phytophthora* fajok és *Pythium middletonii* szelektív izolálására alkalmas eljárás az almatermes eljárás (KRÖBER 1985; ERWIN és RIBEIRO 1996). Ennek során éretlen, vagy hamarosan beérő, egészséges almát 0,5% nátrium-hipoklorit oldattal, vagy 70% etanollal fertőtlenítenek, majd egy kis területen héját levágják, a héj alatt keletkező sebbe bejuttatják a kissé megnedvesített talajszemcséket, majd a héjat a sebre visszahelyezik, desztillált vízzel nedvesített papírvattával letakarják, és Parafilmmel, vagy ragasztószalaggal rögzítik, hogy ne száradhasson ki. Ezután az almákat nedves kamrában inkubálják. Ha a mintában volt valamilyen *Phytophthora*-faj, vagy *Pythium middletonii* Sparrow, akkor az eltávolított, majd visszahelyezett almadarabka közepén sötét színű léziók jelennek meg. Ezekről a héjdarabot eltávolítják, majd szelektív táptalajra helyezik. A viszonylag savanyú almatermesben a többi kórokozó fejlődése rendszerint erősen gátolt, a talajszemcsékből csak nagyon ritkán fejlődnek ki más fajok, és fejlesztenek a *Phytophthora* fajokéval összetéveszhető sötét foltokat az alma héján (KRÖBER 1985). Ez utóbbi eljárás praktikus, amennyiben labor nem áll rendelkezésre elhúzódó terep felmérés vagy más ok miatt. Labor körülmények között azonban a levélcsapdázás elterjedtebb, gazdaságosabb és könnyebben kivitelezhető módszer.

Egy másik módszer talajból való izolálásra, hogy egy edénybe tesszük a talajmintát, majd 1:4, vagy nagyobb arányban felöntjük vízzel. A nagy arány azért kell, hogy az esetleg a talajban előforduló vegyszereket felhígítsa. Ezután egészséges termést helyezünk az edénybe úgy, hogy egyharmada-fele a vízszint fölé emelkedjen. Néhány napi inkubálás után a víz szintjénél a termés héján kemény, sötét léziók jelennek meg,

ha *Phytophthora*-fertőzött volt a talajminta. Ezután a termés héját 0,5%-os nátriumhipoklorit oldattal vagy 70%-os etanollal fertőtleníteni kell, majd a léziók széléből egy kis darabot szelektív táptalajra helyezni (ERWIN és RIBEIRO 1996).

Irodalmak szerint a folyókban, patakokban egészséges erdőterületek közelében is sok *Phytophthora* faj él. Az élővizekben, illetve az öntözővizeken élő *Phytophthora*-fajok megismerésével képet kaphatunk a fertőző képletek terjedéséről, így a fertőzés előrejelezhetővé válik. Fertőzött területeken, mezőgazdasági művelés alatt álló területeken vagy csemetekertekben, faiskolákban a terület vízforrásának vizsgálata hasznos monitoring eszköz is lehet (REESER és mtsai 2011).

A vízminták vizsgálatára az irodalmak két módszert említenek. Az egyik módszer a begyűjtött vízminta szűrése, majd a szűrő szelektív táptalajra helyezése, a másik pedig a csapdázás (PETTITT és mtsai 2002).

Csapdázás esetében, a paron rögzített, nejlon hálóból készült tasakba levélsapdát helyeznek, majd a csapdát a víz felszínére bocsátják (SUTTON és mtsai 2007). Ehhez olyan szakaszt kell kiválasztani, ahol a víz mozgása lassú (REESER és mtsai 2011). Hőmérsékleti viszonyoktól, és az alkalmazott levelek, termések fajtától, korától függően, néhány naponta, kéthetente szükséges ellenőrizni a tasakokat, és cserélni a csapdát. A tasakból kivett növényi részeket lemossák, és, ha sötét léziók jelentek meg rajtuk, sterilizálják, majd szelektív táptalajra helyezik a léziókból kivágott darabokat (REESER és mtsai 2011).

Szűrők alkalmazása esetén, kb. 1 liter mennyiségű vízmintákat kell venni egy széles szájú palackba, a vizsgálandó víztest nagyságától függő mennyiségben (web3), majd ezt egy steril filteren átszűrni, és a teljes filtert a szelektív táptalajra helyezni (PETTITT és mtsai 2002).

3.2.3. A szelektív táptalajok

Az 1960-as évekig csak élő, fogékony növényi részekkel történő csapdázással tudtak *Phytophthora*-fajokat izolálni (ERWIN és RIBEIRO 1996). Az áttörést J. W. Eckert kísérlete hozta meg, amikor felfedezte, hogy a *Pythium* és a *Phytophthora* fajok a talajban élő gomba és baktérium fajokkal szemben polién vegyületek (mint pl. pimaricin és nystatin) jelenlétében is jól növekednek (ERWIN és RIBEIRO 1996). Ekkor indult meg az alkalmazható szelektív táptalajok összetételének kikísérletezése (ERWIN és RIBEIRO 1996).

Szelektív táptalaj készítésekor a kész táptalajhoz meghatározott koncentrációjú és mennyiségű antibiotikumokat és fungicideket adnak, mielőtt a Petri-csészébe adagolnák. Az egyes antibiotikumok, fungicidek eltérő fajok, fajcsoportok növekedését gátolják. A szelektív táptalaj készítésekor figyelembe kell venni, különösen a *Pythium* és *Phytophthora* fajok elkülönítéséhez hasznos hymexazol alkalmazása esetében, hogy milyen fajokat várunk a mintából, mert egyes vegyszerek a *Phytophthora*-fajok növekedését is gátolhatják, míg egyes *Pythium*okat egyáltalán nem (ERWIN és RIBEIRO 1996). Az 1960-as évektől különböző antibiotikumokkal és azok különböző koncentrációinak felhasználásával rengeteg kísérlet történt, melyben a telepnyövekedést vizsgálták. Összességében, *Phytophthora* fajok izolálásához legmegfelelőbb antibiotikumok a következők: ampicillin, penicillin, rifampicin, vancomycin. Kevésbé alkalmazható antibiotikumok: sztreptomycin, bengálvörös és neomycin (ERWIN és RIBEIRO 1996).

Phytophthora-szelektív táptalajokhoz leggyakrabban kukoricaliszt agart (Jeffers 2006), esetleg V8-Juice agart (FERGUSON és JEFFERS 1999; JUNG és mtsai 2000) alkalmaznak, de alapként felhasználható a burgonya-glükóz agar (PDA) is (DHINGRA és SINCLAIR 1995). A V8-Juice agar alapú szelektív táptalajok a sporangium-képzés

indukálása miatt előnyösebbek lehetnek az irodalmak alapján, mint kukoricaliszt-agar alapú társaik (JEFFERS 2006). Homotallikus fajok esetében ezen a táptalajon már az oospóra képzés is elindulhat (FERGUSON és JEFFERS 1999). Tapasztalataim alapján azonban a maláta kivonat alapú szelektív táptalajok is jól alkalmazhatók az izolálás folyamán. Antibiotikumok, fungicidek közül általánosan használtak a pimarin, ampicillin és a rifampicin. Emellett, PCNB (terraclor) és hymexazol is alkalmazható. A felhasznált antibiotikumoktól függően különböztethetünk meg PAR, PARP, PARH vagy PARPH szelektív táptalajokat. (JEFFERS 2006).

Egyes felhasználható antibiotikumok és fungicidek nem, vagy csak kis mértékben oldódnak vízben. Ezek tökéletes oldódásához szerves oldószerek (éter, DMSO, etanol, diformamid, metilén-diklorid) lehetnek szükségesek. Szerves oldószerek azonban csak kis mennyiségben, maximum a kész táptalaj összes térfogatának 5%-ig alkalmazhatók. (ERWIN és RIBEIRO 1996)

Az elkészített szelektív táptalaj lemezek hűtőszekrényben tárolva néhány hónapig eltarthatók, azonban néhány héten belül felhasználva a leginkább megbízhatóak (JEFFERS 2006).

3.2.4. A *Phytophthora*-fajok morfológiai vizsgálatának módszerei

A *Phytophthora* fajok fakultatív paraziták, így *in vitro* kultúrában, táptalajon viszonylag könnyen tenyészthetők. A kórokozók vizsgálatához, meghatározásához biztosítani kell, hogy lehetőség szerint az összes bélyeg kifejlődhessen. Ehhez megfelelő táptalajokra és néha más módszerekre is szükség van. (KRÖBER 1985)

A vizsgálatokhoz leggyakrabban használt táptalajok a V8 Juice Agar, a PDA (Potato Dextrose Agar), a CMA (Cornmeal Agar) és a sárgarépa szeletes táptalaj (CA) (BRASIER 1969; ERWIN és RIBEIRO 1996; JEFFERS 2006). A morfológiai alapú azonosítás során három fő jelleg tanulmányozása elengedhetetlen. Ezek a telepjelleg, a sporangium jellegzetességei és az oospóra jellegzetességei. A vizsgálatokhoz következetesen mindig ugyanazt a táptalajt kell alkalmazni, hogy a fajok, és fajokon belül az egyes törzsek tulajdonságai összevethetők legyenek (JEFFERS 2006).

Mivel a fajok nem túl gyors növekedésűek, a Petri-csésze közepére kell a kitenyészített *Phytophthora* telepből átoltani. *Phytophthora* fajok azonosítása szempontjából lényeges a kardinális hőmérsékleti értékek ismerete. A különböző hőmérsékletértékek növekedésre gyakorolt hatásának vizsgálatát csak akkor lehet elkezdeni, amikor a lineáris növekedés már megindul. Ekkor a vizsgálandó hőmérsékletre kell áthelyezni a telepet. A minimum és maximum hőmérsékletek esetében a növekedés csak 24-48 h múlva áll le, mivel a micélium a korábbi hőmérséklet hatására 1-2 napig még gyorsan nő (KRÖBER 1985). Az optimális hőmérséklet megállapítása után mérni kell az átlagos napi sugárnövekedést is. Ehhez két, egymásra merőleges irányban kell telepátmérőt mérni, a növekedés megindulásakor és 2 nap múlva. A telepjelleg is lényeges lehet bizonyos fajok azonosításához. A telepjellegeket akkor vizsgáljuk, amikor a kórokozó benőtte a Petri-csésze teljes felületét. A telepjelleg eltérő táptalajokon más-más lehet (KRÖBER 1985). Vizsgálunk kell, hogy az izolátum képez-e légmicéliumokat, vagy nem; a kialakuló telep mintázatát és azt, hogy mely képletek képesek pusztán az agaron kifejlődni (JEFFERS 2006).

A *Phytophthora*-fajok morfológiai tulajdonságai az adott fajnál leírtakhoz képest kisebb-nagyobb mértékben néha eltérhetnek; fajokon belül is néha nagy változatosságot mutathatnak. A morfológiai azonosításhoz így minél több morfológiai és esetenként élettani jellemző ismerete szükséges (KRÖBER 1985).

A morfológiai bélyegek közül mikroszkóppal meg kell vizsgálni a sporangiumtartókat, a sporangiumok, anterídiumok, oogóniumok, oospórák alakját,

méretét; a sporangium és az oogónium elhelyezkedését a tartó hifákon; az anterídium helyzetét az oogóniumhoz képest. Meg kell figyelni, hogy vannak-e hifatágulatok vagy esetleg klamidospórák (KRÖBER 1985). Ezek mellett azonban, érdemes feljegyezni minden, időközben kifejlődött jellegzetességet (JEFFERS 2006).

A sporangiumképzést számos fajnál indukálni kell. Ez történhet desztillált vízzel, átszűrt pocsolyavízzel vagy talajoldattal. A folyadékkal le kell önteni a telepet, vagy a telep egy kis darabkáját kell a folyadékot tartalmazó edénybe tenni. Ezt néhány napig inkubálni kell vizsgálat előtt (KRÖBER 1985). A sporangiumok vizsgálatához a szüretlen V8-Juice agar, vagy a sárgarépaszeletes táptalaj a legalkalmasabbak; míg folyadékok közül a nem steril talaj kivonat (JEFFERS és ALDWINCKLE 1987). Az inkubáció megvilágítással is történhet (JEFFERS 2006). A sporangiumképzés indukálására szakértők elmondása alapján, néhány nap elegendő, tapasztalataim szerint azonban vannak esetek, amikor az elvárttal ellentétben, hosszás inkubálás sem segít.

A talajkivonat elkészítéséhez vályogos talaj a legalkalmasabb. A felhasználni kívánt talajt olyan helyről kell begyűjteni, ahol növényzet él. A felhasznált talajnak *Phytophthora* fajoktól mentesnek kell lennie. Kb. 15g/l végső koncentrációval szüksége dolgozni (JEFFERS 2006).

Az összegyűjtött talajból ki kell válogatni a növényi részeket, majd megfelelő mennyiségű desztillált vízzel nedvesíteni és felönteni. Alapos keverés után a felülúszó szennyeződések egy papírtörlővel eltávolítjuk, majd az oldatot egy éjszakára állni hagyjuk. Másnap, két réteg szűrőpapíron keresztül leszűrjük. Az így elkészített szűrlet hűtőszekrényben sokáig eltartható, bár frissen sokkal hatékonyabb. (JEFFERS 2006)

Ivaros szaporítóképletek telepen belül csak a homotallikus fajok esetében keletkeznek. Heterotallikus fajok esetében az eltérő párosodási típusú telepekkel indukálható képzésük (KRÖBER 1985). Az ivaros szaporítóképletek és az oospórák képzéséhez általában szintén megfelel a V8-Juice vagy a sárgarépaszeletes agar. Ezesetben azonban, sötétben kell a törzseket inkubálni. Az oogóniumok és az anterídiumok általában 7, míg az oospórák általában 14 napon belül kifejlődnek, ám ismeretlen tenyészetek azonosításakor célszerű egy-másfél hónapot várni (JEFFERS 2006).

A vizsgálat során látott határozóbélyegek fényképekkel illusztrált adatbázisokkal, határozó kulcsokkal vethetők össze. Könyvek közül Kröber német nyelvű összefoglalója, Erwin és Ribeiro 1996-os alapműnek számító kézikönyve, valamint Gallegly és Hong 2008-as határozókulcsa említhető (KRÖBER 1985; ERWIN és RIBEIRO 1996; GALLEGLY és HONG 2008), míg adatbázisok közül – a teljesség igénye nélkül – kiemelhető a csak *Phytophthora* fajokkal foglalkozó Forest Phytophthoras of the World adatbázis (web4), a *Phytophthora* Database (web5), a karantén fajokat tartalmazó QBOL adatbázis (web6), és a BOLD adatbázis (web7).

Huzamosabb ideig egy törzsgyűjteményben táptalajon tartott, és újra meg újra átoltott törzsek esetében gyakran előfordul, hogy a fontos határozóbélyegek közül többkevesebb hiányzik. A határozóbélyegek megléte, jellegzetessége a legutolsó átoltás óta eltelt időtől is függ, határozáshoz célszerű kb. 10 napos kultúrákat használni, mivel ekkorra már az esetleges klamidospórák és az ivaros szaporítóképletek is kifejlődnek. (KRÖBER 1985) A *Phytophthora* és *Pythium* fajok néhány morfológiai jellemzőjét foglalja össze az 1. sz. melléklet.

A *Phytophthora* nemzetség kutatásának megkönnyítésére alkotta meg Waterhouse a morfológiai jegyeken alapuló rendszerét. A morfológiai csoportok jellemzését Erwin és Ribeiro (1996) is bemutatja.

3.2.5. Immunodetektálás

Az 1980-as években kifejlesztett monoklonális antitest megközelítés új lehetőségeket teremtett a *Phytophthora* fajok detektálására is. Monoklonális antitestek segítségével ugyanis sikerült előállítani *Phytophthora* fajokra, vagy az egész nemzetségre specifikus, kereskedelemben kapható, immunreakción alapuló kit-eket (COOKE és mtsai 2007). A vizsgálatok lehetnek enzimhez kapcsolt immunoszorbens vizsgálatok (ELISA), vagy membrán alapúak (PETTITT és mtsai 2002). Ezek általában nem képesek megkülönböztetni az élő és az elhalt kórokozót a reakció lezajlása során, ami jelentős hátrány lehet (PETTITT és mtsai 2002). Az ELISA-tesztek esetében további hátrány, hogy érzékenyséjük fajonként eltérő, és mind hamis pozitívok, mind hamis negatívok előfordulhatnak (O'BRIEN és mtsai 2009). Az 1990-es években fejlesztettek ki olyan eljárásokat is, amelyek már képesek elkülöníteni az élő és az elhalt kórokozót (PETTITT és mtsai 2002). Ilyen pl. a zoospórák csapdázásán alapuló tesztek, melyek már rendkívül kis inokulum mennyiség esetén is érzékenynek bizonyulnak (PETTITT és mtsai 2002; O'BRIEN és mtsai 2009).

Az immunodetektálás módszerei mellett felhozható pozitívumok, hogy gyorsan produkálnak eredményt, ami a gazdálkodói, kereskedelmi döntéshozatal segítésére alkalmassá teheti őket, és egyre érzékenyebb tesztek érhetőek el viszonylag olcsón, melyek akár a területen jelenlévő inokulum-mennyiség előzetes becslésére is alkalmasak lehetnek (PETTITT és mtsai 2002). Praktikus kivitelű változataik hasznosak lehetnek a terepi bejárás során, a mintavételezés támogatására is (COOKE és mtsai 2007).

3.2.6. A *Phytophthora*-fajok detektálásának és azonosításának molekuláris módszerei

A leggyakoribb DNS alapú tesztek PCR (*polymerase chain reaction*) amplifikáció felhasználásával dolgoznak. A PCR technológia alkalmazásának legnagyobb előnye a hagyományos technológiákkal szemben a gyorsaságuk és a sokoldalúságuk (COOKE és mtsai 2007). A gyorsaságból adódó lehetőségeket használják ki a *Phytophthora ramorum* esetében már kifejlesztett terepi PCR technikák is (O'BRIEN és mtsai 2009). Fajspecifikus primerek azonban más *Phytophthora* fajok – *P. parasitica*, *P. citrophthora*, *P. alni* – esetében is rendelkezésre állnak. Ezek nagy előnye, hogy csak a célzott *Phytophthora* faj genomjába képesek bekötni. Egy adott faj kimutatását akár fertőzött növényi szövetből vagy a felhasznált levélcsapdából is képesek kimutatni (ÉRSEK és mtsai 1994, BAKONYI és mtsai 2006).

Jelenleg kórokozók detektálására és azonosítására a PCR az elérhető legfontosabb és legérzékenyebb technológia (COOKE és mtsai 2007), bár alkalmazása során kérdések és problémák is felmerülhetnek. Növényi szövetből vagy talajból történő közvetlen detektálás esetén pl. a PCR hatékonysága két-három nagyságrenddel is csökkenhet a jelenlévő inhibitorok (lignin, egyéb szénhidrátok, humuszsavak, fenolok, gyanta...) miatt, a micélium felhasználásához képest. Ezekben a különleges esetekben, érzékeny és pontos detektálás kivitelezéséhez célszerű speciális kit-eket alkalmazni, vagy a PCR kémiaián változtatni (DMSO vagy glicerin hozzáadása, kevésbé érzékeny polimeráz választása) (O'BRIEN és mtsai 2009).

Az érzékenység növelésére az ún. nested PCR eljárás is alkalmas (O'BRIEN és mtsai 2009). Ennek során, két primer párt alkalmaznak: az első pár által kijelölt amplikonon belül jelöl ki egy kisebb DNS szakaszt a második felhasznált primer pár. Hátránya, hogy több időt igényel és megnöveli a hamis pozitívok arányát (COOKE és mtsai 2007).

A hagyományos PCR technikák közé tartozik a Multiplex PCR is. Ennek során több primer pár alkalmazásával, egyidejűleg több kórokozó detektálása is lehetséges (COOKE és mtsai 2007). Bár a reakció érzékenysége csökken (O'BRIEN és mtsai 2009), idő- és költséghatékonysága nő.

Az ún. Real-time PCR eljárás nagy előnyei a hagyományos PCR technikákhoz képest, hogy gyorsabb, és nem teszi szükségessé a gélelektroforézis alkalmazását, így automatizálható eljárást biztosít (COOKE és mtsai 2007; O'BRIEN és mtsai 2009). Diagnosztikai laborokban jelenleg az egyik leggyakoribb eljárás kórokozók detektálására (O'BRIEN és mtsai 2009). A real-time PCR mindkét kímiaja (SYBR Green és TaqMan) alkalmazható *Phytophthora* fajok esetében. Környezeti minták elemzéséhez a módszer tovább fejleszthető, több primer pár egyidejű alkalmazásával (multiplex real-time PCR). A real-time PCR további nagy előnye, hogy érzékenysége még a hagyományos PCR eljárásnál is nagyobb, míg a szennyeződések lehetősége kisebb (COOKE és mtsai 2007). Azonban hamis negatívok és hamis pozitívok is előfordulhatnak (COOKE és mtsai 2007; SUTTON és mtsai 2007). Míg a korábbiakban említett módszerek a gazdanövényben vagy a talajban jelenlévő *Phytophthora* inokulum mennyiségi jellemzését nem tették lehetővé, a real-time PCR erre a kérdésre is képes választ adni (COOKE és mtsai 2007).

A PCR alapú technikák egyik legnagyobb hibája, hogy hamis pozitívként kimutatják a talajban vagy növényben jelenlévő, de már elpusztult micéliumot is (COOKE és mtsai 2007; O'BRIEN és mtsai 2009). Ennek kiküszöbölésére a nagyon rövid idő alatt lebomló RNS-ek vizsgálata adhat módot (COOKE és mtsai 2007).

Terepi vizsgálatokhoz egyéb, nem PCR technikával dolgozó DNS tesztek is alkalmazhatók (O'BRIEN és mtsai 2009). Ilyenek a DNS chippek macro- és microarray-ek, amelyek számos növényi kórokozó egyidejű azonosítását teszik lehetővé. Amellett, hogy akár komplex környezeti minták elemzésére is alkalmasak, bizonyos fokú kvantitatív elemzést is lehetővé tesznek (COOKE és mtsai 2007). Bár a hagyományos technológiáknál költségesebb eljárások, alkalmazásukat indokolja a gyors eredmény, mely a gazdálkodást és a kereskedelmet biztonságosabbá teszi és megkönnyíti.

DNS alapú molekuláris markerek

A fenti molekuláris technikák alkalmazásának eredményességét a megfelelően megválasztott molekuláris markerek alkalmazása teszi lehetővé. A megfelelő molekuláris marker eléggé változatos ahhoz, hogy megbízhatóan tudja elkülöníteni a közeli rokon fajokat is, de a fajon belüli változatossága nem olyan nagy, hogy veszélyeztetné annak lehetőségét, hogy minden törzset képes detektálni a vizsgálat (COOKE és mtsai 2007).

A RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*; véletlenszerűen felszaporított DNS polimorfizmus) vizsgálat alapja egy olyan PCR, amelyben az indítószekvenciák rövidiek, véletlenszerűen is képesek a genomhoz kapcsolódni, így lehetővé téve az amplifikációt. A módszer, jól felhasználható kapcsoltsági térképek készítésére, kapcsolt markerek fejlesztésére és a vizsgált szervezetről elsődleges információ megszerzésére (DEÁK 2010).

Az AFLP (*Amplified Fragment Length Polymorphism*; amplifikált fragmenshossz polimorfizmus) vizsgálat színtén PCR alapú. Ez sem igényel előzetes információt a genommal kapcsolatban. A módszer előnye, hogy segítségével egyenletes eloszlásban, a teljes genomot lefedve nagy mennyiségű információhoz jutunk a vizsgált szervezetet illetően. Ezáltal a módszer alkalmas kapcsoltsági térképek készítésére és összehasonlító vizsgálatokra. (DEÁK 2010)

A RAPD és az AFLP markerek eredményeit jelenleg SCAR primerek tervezéséhez használják fel több *Phytophthora* faj esetében is (COOKE és mtsai 2007; O'BRIEN és mtsai 2009). Ez a módszer a közeli rokon fajok vagy speciális törzsek elkülönítésére lehet alkalmas (COOKE és mtsai 2007)

A genomban található mikroszatellit régiók alkalmazásán alapuló technika is széles körben alkalmazható (SSR). A régiók határszekvenciái faj, sokszor nemzetség szinten konzerváltak, így azokra specifikus PCR primer tervezhető. A specifikus primerekkel felszaporított szakaszok sok esetben hossz-polimorfizmust mutatnak, így segítségükkel azonosíthatók fajták, azok származása, készíthetők kapcsoltsági térképek, vizsgálhatók populációk illetve kapcsolt tulajdonságok (DEÁK 2010). Alkalmazásukra a *Phytophthora* fajok kutatásában is van példa (SCHOEBEL és mtsai 2013).

Nukleotid szekvenciákon alapuló markerezés

Filogenetikai vizsgálatokban egyre gyakrabban kerül elő a nukleotid szekvenciákon alapuló markerezés. Ezekben az esetekben az egyes kiemelt szakaszok alapján feltárható evolúciós történetet vizsgáljuk. A vizsgálandó szakaszokkal szemben felmerülő alapvető követelmények, hogy egyes pontmutációk ne szelektálódjanak, ugyanakkor konzervált határolószekvenciákkal rendelkezzenek, amelyekre primerek tervezhetők. Ilyen szekvencia csoport a rRNS-t kódoló gének belső átírt szekvenciái (ITS) (DEÁK 2010).

Magi DNS markerek

Az ITS1-5.8S-ITS2 szakasz molekuláris markerként való alkalmazása a *Phytophthora* fajok detektálása, azonosítása és filogenetikai vizsgálata során általános (COOKE és mtsai 2007). Előnye, hogy meglehetősen stabil, univerzális primerek segítségével is könnyen amplifikálható és szekvenálható, sokszoros kópiaszámban fordul elő, és eléggé változatos ahhoz, hogy akár fajspecifikus primerek tervezésére nyújtson lehetőséget (COOKE és mtsai 2007; O'BRIEN és mtsai 2009). Habár, néhány közeli rokon faj esetében az ITS szakaszok meglehetősen hasonlóak is lehetnek, ami nehézkessé teheti a specifikus primerek megtervezését ebben az esetben (COOKE és mtsai 2007). Másrészt, előfordulhat, hogy olyan evolúciós változások következnek be, melyek lehetetlenné teszik a nemzetségben gyakori hibridek észlelését ITS szekvenciák alapján (O'BRIEN és mtsai 2009).

Az ITS régió jó alternatíváját jelenthetik a közeljövőben a riboszomális DNS IGS1 és IGS2 régiói is. Bár egyelőre még nincsenek effektív primerek, és a meglehetősen hosszú szakasz amplifikálása is nehézkes, előzetes vizsgálatok alapján ezek a régiók a közeli rokon fajok elkülönítését is lehetővé teszik. (COOKE és mtsai 2007)

Hasonló módon ígéretes alternatíva lehet az *Ypt1* régió is (O'BRIEN és mtsai 2009). Ennek nem-kódoló szakaszai a ITS-hez hasonló mintázatot mutatnak. Fentiek mellett, egyéb gének is alkalmazhatók egyes fajok esetében (pl. *Cina-6a-P. cinnamomi*; elicitin *parA1* gén-*P. nicotianae*), de ezek nemzetség szintű alkalmazásra nem alkalmasak (COOKE és mtsai 2007).

A *Phytophthora* nemzetség leszármazási viszonyait bemutató, jelenleg elfogadott törzsfá több magi DNS marker felhasználása alapján készült (BLAIR és mtsai 2008). Több molekuláris marker együttes használata általában megbízhatóbb, pontosabb eredményt ad.

Mitokondriális DNS markerek

A vegetatív sejtekben található sok száz mitokondrium miatt, a mitokondriális DNS egyes szakaszai, mint a Cox1 és Cox2, is jól alkalmazhatók érzékeny detektálásra (O'BRIEN és mtsai 2009). Több tanulmány is bizonyította, hogy ezek a szakaszok is alkalmasak a nemzetség filogenetikai vizsgálatára is (MARTIN és TOOLEY 2003). A Cox2 és Cox1 gének közötti régió közeli rokon fajok elkülönítésére is alkalmas, hagyományos PCR technikák alkalmazásával is. Néhány hátránya is van azonban a mitokondriális DNS vizsgálatának: egyrészt, a magas AT/GC arány megnehezíti a hatékony primerek tervezését; másrészt, az amplifikáció csak megnövelt MgCl₂ koncentráció mellett megy tökéletesen végbe (COOKE és mtsai 2007). Mivel a mtDNS csak anyai (oogónium) ágon öröklődik, a fajhibridek elkülönítésére nem alkalmas (COOKE és mtsai 2007; O'BRIEN és mtsai 2009).

3.3. A gazda-patogén kölcsönhatás fiziológiája: A kórokozó-gazdanövény-környezet kapcsolat a fitoftórák betegségek lefolyásában

Növényi betegségek, illetve súlyos esetben járványok kialakulásának alapvető feltétele a fogékony gazdanövény-virulens kórokozó, és a kórokozónak kedvező, és/vagy a gazdanövényt gyengítő környezet hármának jelenléte egy helyen és egy időben (ERWIN és RIBEIRO 1996).

3.3.1. A környezet szerepe

A környezet szerepének alapvető fontosságát húzza alá az a tény, hogy sok betegség súlyossága különböző helyeken eltérő lehet (ERWIN és RIBEIRO 1996). Szélsőséges esetben, ha a környezet nem kedvez a fertőzésnek, a fogékony gazdanövények is megmenekülhetnek. A reprodukciós ráta alakulását, az egyes propagulum típusok kialakulását és sikeres fertőzés esetén a betegség súlyosságát erősen befolyásolja a környezeti viszonyok alakulása (PARKER és GILBERT 2004).

A környezet hatása a kórokozóra

Az időjárási tényezők közül-mivel a nemzetségbe néhány kivétellel, döntően talajlakó kórokozók tartoznak- emiatt a hőmérséklet szerepe lényeges. Az egyes *Phytophthora* fajok érzékenysége a hőmérsékleti viszonyokkal szemben eltérő (ERWIN és RIBEIRO 1996). Egyes fajok, mint pl. a *P. alni* rendkívül érzékeny a hőmérsékleti szélsőségekre (CERNY és STRNADOVÁ 2012), míg pl. a lucerna pusztulását okozó *P. medicaginis* egyáltalán nem érzékeny sem az alacsony, sem a magas hőmérsékletre (ERWIN és RIBEIRO 1996). A kitartóképletek (oospórák, klamidospórák) képzésére képes fajok általában jobban elviselik a száraz, meleg vagy éppen rendkívül hideg időszakokat (pl. *P. cinnamomi*). A járványok kialakulásához az optimumhoz közeli hőmérséklet szükséges (ERWIN és RIBEIRO 1996).

A talaj tömörödése is megnövelheti a kórokozók esélyeit: kötött vagy a gazdálkodás tevékenységeiből adódóan tömörödött talajokon általában könnyebben alakulnak ki járványok (ERWIN és RIBEIRO 1996).

A talaj szerkezetének hatása is feltételezhetően összefügg a legfontosabb környezeti tényezővel, a talajvíz mennyiségével. A betegségek, járványok kialakulása szempontjából a legfontosabb kérdés, hogy a talaj mennyi ideig van vízzel telített, vagy telítetthez közeli állapotban (ERWIN és RIBEIRO 1996). A talajban lévő szabad víz egyrészt megnöveli a fertőző anyag mennyiséget, másrészt a kialakuló oxigénhiányos állapot predispozíciós hatása legyengíti a gazdanövényt (ERWIN és RIBEIRO 1996; JÖNSSON 2006). Bár a talajban található vízben a zoospórák akár 48 cm távolságra is képesek elúszni, a betegség terjedésének egyik legfontosabb módja mégis a fertőző

képletek szállítódása a talaj felszínén lefolyó vízzel (ERWIN és RIBEIRO 1996). Megfigyelések szerint, ha a talaj vízelvezetése megoldott, és a fák gyökérzetének csak kis, az anyagcserét nem befolyásoló hányada fertőződött, a fa az elveszített gyökereket képes pótolni, és a növény akár tünetmentes is maradhat (ERWIN és RIBEIRO 1996; JÖNSSON 2006). A talajvíz mellett, fásszárúak esetében a növényi szövetek víztartalma is befolyásolja a fertőződést: magas víztartalom esetén (pl. a törzs locsolása) a fák könnyebben fertőződnek meg *Phytophthora*-val (ERWIN és RIBEIRO 1996).

Prediszpozíció

Prediszpozíciót a környezeti tényezők fertőződés előtti hatása okozhatja, amennyiben az adott tényezők úgy alakulnak, hogy a növény betegségekre való fogékonyságát növelik. Akár normál esetben rezisztens növények is fogékonyá válhatnak a prediszpozíció hatására a fitoftóras fertőzésekre. (ERWIN és RIBEIRO 1996)

Prediszpozíciót jelenthet a szárazság, mely a megnövekvő gyökér/hajtás aránnyal, vagy a talajba bocsátott aminosavak megnövekvő koncentrációjával lehet összefüggésben. Ez utóbbi egyrészt az oospórák csírázását, másrészt a zoospórák kemotaxisát segíti elő. (ERWIN és RIBEIRO 1996)

A talaj magas sótartalma is prediszpozíciós hatást fejthet ki. Igaz, hogy egyes *Phytophthora* fajok sporangium-képzését is gátolja, de ugyanakkor csökkenti a fitoalexinek termelődését és a gyökér védekező rendszerének aktiválódását is. (ERWIN és RIBEIRO 1996)

Az elárasztás szintén prediszpozíciós hatásnak minősül, a fellépő oxigénhiány miatt (ERWIN és RIBEIRO 1996).

Fentiek mellett, bizonyos kórokozó-gazdanövény kapcsolatokban prediszpozíciós hatású lehet a hőstressz (konténeres növények), a fagy, a kötött talaj, a növényi rész kora, illetve más kórokozók egyidejű támadása is (ERWIN és RIBEIRO 1996).

3.3.2. A *Phytophthora* fajok járványdinamikai tulajdonságai

A kórokozók túlélése és járványtani sajátosságai szempontjából a fertőző anyag típusa és mennyisége alapvető fontosságú. A *Phytophthora* fajok, mint hemibiotróf kórokozók, elhalt növényi részek kolonizálására nem képesek, így a talajban a gazdanövény hiányában csak rövid ideig képesek fennmaradni. Míg a micélium és a sporangiumok mindössze néhány hétig életképesek, az oospórák 6, a klamidospórák akár 13 évig is megőrzik életképességüket, így azok a fajok, amelyek kitartóképleteket képeznek, hosszabb ideig képesek túlélni a gazdanövény hiányát. (ERWIN és RIBEIRO 1996)

A rossz túlélőképességet ellensúlyozandó, fogékony gazdanövény jelenlétében, megfelelő környezeti tényezők esetén kis mennyiségű fertőző anyag is képes hirtelen, nagy mértékben felszaporodni. Emiatt minden olyan esetet, amikor egy potenciálisan fertőzött terület talajából nem sikerül *Phytophthora* fajt kimutatni, fenntartással célszerű kezelni, hiszen lehet, hogy csak a detektálás szintje alatt volt az inokulum mennyiség, amelyből akár néhány napon belül súlyos fertőzés történhet (ERWIN és RIBEIRO 1996). Az ehhez hasonló detektálással kapcsolatos problémák azonban napjainkban már kiküszöbölhetők PCR alapú módszerekkel.

Az öt különböző propagulum közül (micélium, sporangium, zoospóra, oospóra, klamidospóra), mindössze a klamidospórák és az oospórák képesek átvészelni a hosszabb ideig tartó száraz időszakokat. Ezek nedvesség hatására csírázni kezdenek, majd rövidesen a képződő sporangiumok és zoospórák veszik át a fertőzésben és a

terjedésben a fő szerepet. Optimális feltételek esetén mindehhez 48-96 óra is elegendő! (ERWIN és RIBEIRO 1996)

Az oospórák a legtöbb faj esetében a gazdanövény szöveteiben képződnek. A talajban a fertőző képletek általában csoportokban fordulnak elő. A betegség súlyossága gyakran arányosan nő a talajban található propagulum mennyiséggel. A propagulum mennyiség azonban akár egy évszakon belül is jelentős mértékű fluktuációt mutathat. (ERWIN és RIBEIRO 1996)

A kórokozó terjedését elsősorban a sporangiumok és a zoospórák végzik. Egyes fajok esetében a sporangiumok képesek leválni a sporangiumtartóról, és konídium-szerűen a széllel szállítódni, megadva a fajnak azt az evolúciós előnyt, hogy leveleken is képes csírázni. Egyes fajok, mint pl. a burgonyavészt okozó *P. infestans* esetében a kiszáradt sporangiumok képesek lehetnek rehidratálódni, és így újra életképesé válni, ezzel is sikeresebbé téve a terjedést. (ERWIN és RIBEIRO 1996)

Nem kadukális sporangium esetén, a terjedés a lefolyó vagy felfröccsenő talajvízzel, vagy a munka- és közlekedési eszközökre tapadt talajjal történhet (ERWIN és RIBEIRO 1996).

Host-shift-nek nevezi a növénykórtan az új kórokozó-gazdanövény kapcsolat létrejöttét. Attól függően, hogy a kórokozó genetikai állományában ez okoz-e változást, vagy sem, beszélhetünk evolúciós *host-shift*-ről vagy ökológiai *host-shift*-ről (PARKER és GILBERT 2004). *Phytophthora* fajok esetében gyakoriak az ilyen *host-shift*-ek, ezzel is megnövelve az inváziós *Phytophthora* fajok viselkedésének kiszámíthatatlanságát, és az ebből eredő ökológiai kockázatot (BRASIER és WEBBER 2010).

A gazdanövény-kórokozó kapcsolat kompatibilitását a recesszíven öröklődő virulens, vagy a domináns Avirulens allél jelenléte dönti el. Ezek a gének a növényi Rezisztencia gének által nagy szelekciós nyomásnak vannak kitéve. (PARKER és GILBERT 2004)

A kompatibilis kórokozó-gazdanövény kapcsolat esetén a kialakuló betegség súlyosságát számos egyéb, szintén nagy szelekciós nyomásnak kitett allél dönti el. Ezek a gének toxinokat termelnek a növényi sejtek ellen, valamint detoxikáló anyagokat a növényi ellenanyagok lebontására, vagy más, a kolonizációt elősegítő anyagokat (PARKER és GILBERT 2004). A *Phytophthora* nemzetségre általánosan jellemző az elicitinek termelése. Ezeknek több csoportja is létezik, melyek feltételezhetően jól meghatározott feladatokat látnak el (OSSWALD és mtsai 2014)(OSSWALD és mtsai 2014)(OSSWALD és mtsai 2014)(OSSWALD és mtsai 2014)(OSSWALD és mtsai 2014). Így, egyes elicitin csoportok például a kompatibilis kórokozó-gazdanövény kapcsolat kialakításáért, míg mások a fertőzés későbbi szakaszaiban a sporulációért és a kitaróképletek keletkezéséért lehetnek felelősek.(OSSWALD és mtsai 2014)

Phytophthora fajok esetében többciklusú járványról beszélünk (ERWIN és RIBEIRO 1996)

3.3.3. A *Phytophthora* fajokkal szembeni rezisztencia

A rezisztens vagy toleráns *Phytophthora*-fásszárú gazdanövény kapcsolatokról jóval kevesebb információ áll rendelkezésre, mint a fogékonyakról (OSSWALD és mtsai 2014).

Egyes *Phytophthora*-gazdanövény rendszerek esetében mind rassz-specifikus, mind általános növényi rezisztencia mechanizmusok ismertek (ERWIN és RIBEIRO 1996). A rezisztenciával függnek össze a lignifikáció, poliszacharidok felhalmozódása, a kórokozót gátló anyagok termelődése és kibocsátása. Ilyen kórokozót gátló vagy elpusztító anyagok a fitoalexinek,

Molekuláris szinten, a rassz-specifikus rezisztencia kialakulásáért az avirulencia gének felelősek (ERWIN és RIBEIRO 1996). Míg a kórokozókban általában az Avirulens allél (Avr) domináns a virulens alléllal (vr) szemben, addig a gazdanövény populációban általában a Rezisztens allél (R) domináns a fogékonyal szemben. Sok esetben a gén a génnel szemben elmélet alapján dől el, hogy egy adott kórokozó-gazdanövény kapcsolat kompatibilis lesz-e. Inkompatibilis kapcsolat esetén a R gének receptorként működő termékei felismerik a kórokozó Avr génjei által termelt effektorokat (PARKER és GILBERT 2004). *Phytophthora* fajok esetében pl. egy ismert Avr gén képes egy glikoziltranszferáz nevű enzim előállítására, mely indukálja a rassz-specifikus glikoprotein-determinánsok termelődését, amiket már képes felismerni a gazdanövény membránrendszere, és így nem tud lérejönni a fertőzés (ERWIN és RIBEIRO 1996). Abban az esetben, ha az említett Avr gén hiányzik, kompatibilis kórokozó-gazdanövény kapcsolat alakul ki (ERWIN és RIBEIRO 1996; PARKER és GILBERT 2004). A növényei genom kb. 1%-át alkotják R gének; nagy gyakoriságuk mellett, rendkívül változatosak is. Fenntartásukra a növények nagy energiát (fitneszüik 4-6%-át) fordítanak, akkor is, ha éppen az adott betegség nincs jelen. Ha a korábban említett Avr allél módosul, és a mutáció következtében avr allél alakul ki, a kórokozó képessé válik arra, hogy kijátsza az R gének által szabályozott védekezőrendszert, mely az említett *host shift*-hez is vezethet (PARKER és GILBERT 2004).

A növényi rezisztenciában a fitoalexinek is szerepet játszanak. Ezeket a kórokozó behatolásának észlelésére adott válaszként termelik a növények, másodlagos anyagcseretermékként. Nem-specifikus antibiotikus anyagok, melyek termelődése indukálható is. (ERWIN és RIBEIRO 1996). Rezisztens *Phytophthora*-fásszárú kapcsolatokban a fenolok, az oldható cukrok és a belőlük keletkező lignin, illetve a gall sav (gallic acid) felhalmozódását figyelték meg kutatók (OSSWALD és mtsai 2014).

A növények *Phytophthora*-fajokkal szemben is reagálhatnak hiperszenzitív reakcióval, inkompatibilis kórokozó-gazdanövény kapcsolat esetén (ERWIN és RIBEIRO 1996). Számos *Phytophthora* faj esetében ugyanis az Avr gének által termelt elicitinek védekezési reakciót indukálnak a növényben (PARKER és GILBERT 2004).

Növénynemesítés esetén, a rezisztencia tartósabbnak bizonyul azokban az esetekben, ha az R gének olyan effektorok felismerésére képesek, amelyek a kórokozó életműködése szempontjából lényegesek, emiatt a R gén változásához való alkalmazkodás egyidejűleg le is gyengíti a kórokozó populációt. (PARKER és GILBERT 2004)

A kórokozókhoz hasonlóan, a gazdanövények is rendelkeznek olyan kvantitatív jellegekkel, amelyek a védekezési reakció sikerességének mértékét befolyásolják. Ilyenek a kitináz és endoglukanáz, valamint a detoxikáló enzimek termelődését, vagy a fitoalexin termelődését meghatározó gének, illetve egyes morfológiai jelleget meghatározó allélek (PARKER és GILBERT 2004). *Phytophthora*-fásszárú kapcsolatokban eddig körülbelül 10 olyan gént sikerült kimutatni, amelynek kifejeződése a rezisztens növényekben egyértelműen magasabb volt, mint a fogékony kapcsolatok esetén (OSSWALD és mtsai 2014).

3.3.4. Fertőzési és védekezési mechanizmusok a fásszárú növény-*Phytophthora* rendszerekben (OSSWALD és mtsai 2014)

A növényi immunitásnak két alapvető szintje különböztethető meg. Az első, a PTI (Pamp Triggered Immunity) során, a növényi sejt membránjában lévő receptorok felismerik a kórokozó mikroorganizmushoz köthető mintázatokat (PAMP). Válaszreakcióként a további kolonizáció megakadályozására kallózfelhalmozódás és a sejtfall szerkezetében fitoalexinek és a védekezésre szolgáló fehérjék felhalmozódása

következik be. Az R gének által is szabályozott, fent említett általános rezisztencia mechanizmusok jelentik a második szintet. Ezt nevezik ETI-nek (effector-triggered immunity), mely során a növényi rezisztencia fehérjék felismerik a kórokozók effektorait, és válaszul általános védekezési folyamatokat pl. hirtelen sejtpusztulást, hiperszenzitív reakciót indítanak a kórokozó elszigetelésére.

Erre a második szintre a gazdanövények és a kórokozók közötti folyamatos, szoros koevolúciós kapcsolat miatt volt szükségük a növényeknek. Ha a növény receptorai nem ismerik fel a kórokozóra jellemző molekuláris mintázatot, a kórokozó-gazdanövény kapcsolat kompatibilis lesz. Egyes rezisztens növények azonban képesek a PTI-re, így inkompatibilis kapcsolat jön létre ezekben az esetekben. Ha a kórokozó képesek bizonyul effektorok termelésére, amelyekkel a növényt fogékonyra tudja tenni (ETS = effector triggered susceptibility), ismét lehetőség nyílik a fertőzésre, kompatibilis kapcsolat kialakítására. A nagy szelekciós nyomás hatására a gazdanövény populációban ennek hatására alakulhat ki az ETI, melyhez a gazdanövények receptorfehérjéket fejlesztenek ki, így már nemcsak a kórokozó molekuláris mintázatát, hanem az effektorokat is képesek lesznek felismerni. A kölcsönös szelekciós nyomás hatására, folyamatosan újabb és újabb effektorok és receptorfehérjék kifejlődése játszódhat le a gazdanövény-kórokozó rendszerekben.

A *Phytophthora* fajok a fertőzés korai szakaszában biotróf életmódúak, azaz csak élő növényi részt képesek megfertőzni. Eben a korai szakaszban hausztóriumokat bocsátanak ki, majd a növény és a kórokozó között egy ún. extrahausztóriális mátrix alakul ki, melybe effektorokat bocsátanak ki. A kibocsátott effektorok lehetnek sejtfalbontó enzimek, enzim inhibitorok, toxinok, elicitinek... Csak a petespórás gombákra jellemző az ún. Crinkler effektorok kibocsátása, emellett a *Phytophthora* nemzetség fajai jelen van egy konzervált végű, ún. HT jelet is kibocsátanak. Mindkét szekvencia ahhoz szükséges, hogy a kórokozó a gazdanövény plazmájában át tudjon helyeződni.

Fásszárúak esetében, az elsődlegesen megfertőzött növényi rész alapján három stratégia különíthető el:

1. gyökérfertőzés;
 - a. csak a gyökerekre terjed ki;
 - b. a gyökérre és a törzsre is kiterjed;
2. törzsfertőzés;
3. a levelek fertőzése.

Az egyes fertőzési típusokra példák a 2. sz. mellékletben találhatóak.

Gyökérfertőzés esetén a zoospórák kemotaxis útján tájékozódva eljutnak a gyökerekhez, majd a gyökerek felületén történő sorozatos ütközések során elveszítik flagellumaikat, és egy adhéziós anyag segítségével a gyökérhez tapadnak. Mind a kemotaxisban, mind a betokolódásban a gazdanövény által kiválasztott anyagoknak (aminosavak: glutamát, aszpartát, aszparagin; ill. izoflavonok) van jelentős szerepe. Ezután csíratömlőt kezdenek fejleszteni, mely áthatol a gyökér epidermiszén és a sejtközötti állományba jut. A sejtfalban felhalmozódó, ismeretlen eredetű, elektrolitokban gazdag anyagok hatására a hifa egy hausztórium- szerű képletet fejleszt. Ugyanakkor a kórokozó a gazdanövény sejtfalainak bontására alkalmas enzimeket választ ki. Mindeközben válaszreakcióként a növényben a xylem másodlagosan megvastagodhat, kallóz halmozódik fel a fertőzés helyén, a sejtfalban paraanyagok rakódnak le, a növény fenolokat és tannin-szerű anyagokat választ ki, és tiolízis is lejátszódhat. Olyan gazdanövény esetében, amely valamilyen fokú rezisztenciával rendelkezik, kevesebb hausztórium-szerű képletet tud a kórokozó a gyökérbe bocsátani.

A fertőzött sejtekben elválík a plazmalemma a sejtfaltól, emiatt csökken a sejt turgora. A kórokozó hatására elvékonyodik a sejtfal és tönkremegy az endodermisz, majd bekövetkezik a plazmolízis. Fogékony gazdanövények esetében a hifa a phloem-et gyorsan roncsolja, míg a xylem lassabban, kisebb mértékben károsodik. A szállítóedények a fertőzési helytől távolabb is károsodhatnak. Mivel a hifák gyorsan terjednek, a közvetlenül meg nem támadott sejtek is károsodhatnak; a plazmolízis következtében felborul a gyökerek ozmoregulációjában az egyensúly.

Ha a fertőzés csak a gyökerekre terjed ki (1.a eset), a *Phytophthora* elsősorban a phloemet károsítja, kisebb mértékben a xylem-et; terjedése során elpusztítja a vékony-és a hajszálgyökereket, melyek következtében a növény föld feletti részein, jelentős időbeli késleltetéssel, másodlagos tünetek jelennek meg. A másodlagos tünetek lehetnek a korona kiritkulása, a levelek sárgulása, egyes koronarészek elhalása.

A fertőzés bizonyos esetekben a gyökerekből a törzs szállítószöveibe is átterjedhet (1.b eset). Ez azoknál a fajoknál fordul elő, amelyek a kambiumot, a phloem belső és a xylem külső szövetrészeit egyaránt előszeretettel kolonizálják. A növény az ilyen jellegű támadással szemben különböző válaszreakciókat produkál (pl. polifenolok átcsoportosítása, melynek jele az elszíneződött kambium, kallóz felhalmozás, egyéb kristályos anyagok felhalmozása stb.). Ezek a reakciók egy ideig késleltethetik a növény pusztulását, de a kórokozó általában legyőzi őket. A betegség típusától függően, a fitoftóra később vagy a phloem-be, vagy a xylem-be nő. Utóbbi esetben, a fellépő vízellátási zavarok miatt, a fa hirtelen pusztulása következik be.

Amikor már súlyosan károsodtak a növényi szövetek, a gyökerek kérgében és a xylem edényeiben kitartó képletek, míg a gyökerek felszínén sporangiumok keletkeznek, melyek biztosítják a kórokozó túlélését és terjedését.

Az elsődleges fertőzés a törzs alsó részén, illetve a gyökérnyakon is történhet (2. eset). Ezekben az esetekben gyakran a lenticellákon keresztül fertőz a *Phytophthora*, és tönkreterzi a kortextet és a phloem-et. A fertőzés lefolyása megegyezik az 1. esetnél leírtakkal. Vannak esetek, amikor ontogenetikus okok döntik el, hogy egy adott kórokozó-gazdanövény kapcsolatban az 1.b vagy a 2. eset alakul-e ki. Így pl. a *Phytophthora alni* idősebb fák esetében áradások során, a törzs alsó részén, a lenticellákon, illetve az áradások során keletkezett sebeken keresztül fertőz, míg fiatal csemetékét főként gyökereken keresztül, a talajból. A két eset között a fő különbség abban jelentkezik, hogy a gyökérfertőzés esetében a csökkent vízfelvétel és vízszállítódás miatti sztómazáródás következtében lecsökken a fotoszintézis, míg a törzsfertőzés esetében a keletkező szénhidrátok szállítódása gátolt a levelek és a gyökerek között.

Bár a 3. esetnek hazánkban nincs erdészeti jelentősége, szeretném megemlíteni, hogy egyes *Phytophthora* fajok a leveleket is képesek megfertőzni; majd a levélalapon át a növénybe benőve komoly levélvesztést okozni. A leveleken ekkor foltok és elhalások, a hajtáson, a levélalagnál nektrózisok jelennek meg. Ha a kórokozó az ágakba vagy a törzsbe is benő, akár a növény pusztulását is okozhatja. A fertőzés pontos mechanizmusa, és a betegség leírása sajnos még nem ismert.

Összefoglalva, kompatibilis *Phytophthora*-fásszárú gazdanövény kapcsolat esetén a növényben a következő változások következnek be:

- Csökken a vízfelvevő és vízszállító képessége, mely akár önmagában is végzetes lehet.
- A sztómák gyengébb működése és a lecsökkenett légzés miatt csökken a fotoszintézis.
- A gyökerekből a levelekbe gátolt a nitrogén allokációja, míg fordított irányban gátolt a szénhidrátok szállítódása.

A potenciális gazdanövény idősödésével a fogékonyság csökken. Amennyiben a növény mégis megfertőződik, a tünetek késleltetve jelentkeznek.

3.4. A terjedés lehetőségei

A *Phytophthora*-zoospórák kis távolságokra képesek flagellumaik segítségével eljutni a rendelkezésre álló szabad vízben. A hosszabb távolságokra történő terjedés azonban legkönnyebben fertőzött talaj és/vagy fertőzött növényi részek mozgásával valósul meg. Fajtól függően, a sporangium lehet kadukális, vagy nem kadukális. A kadukális sporangiumok evolúciós előnyt jelentenek: egyrészt, a széllel akár több méterre is terjedhetnek. Másrészt, ezek a kórokozók képessé válnak a növények föld feletti részeit is megferőzni, és a leveleken sporulálni (ERWIN és RIBEIRO 1996). Terjedhetnek a szél által szállított esőcseppekkel és elpusztult, lehullott levelekkel is (HANSEN 2008a). Egyes levegőben terjedő fajok, pl. a *P. ramorum*, a talajban is képesek túlélni, így ezek számára is jó fertőző anyag rezervoárt jelent a talaj, melynek fertőzési forrásává válhatnak az elpusztult, lehullott levelek, mivel ezek erezetén is jól sporulál a kórokozó (TJOSVOLD és mtsai 2009). A talaj azonban a legtöbb *Phytophthora* faj számára jó inokulum rezervoár. A talajból a területen átfolyó élővizetekbe kerülhet az inokulum, melyek hosszú távolságokra is képesek elszállítani (HOHL és mtsai 2013). Emiatt az élővizetek monitoringja a betegségek korai előrejelzésére világszerte bevett és egyre népszerűbb módszer (HÜBERLI és mtsai 2013). A vízfolyásokból a vízi életmódú vagy a talajban élő fajok a vízbe lógó gyökereket vagy a fák vízzel érintkező részeit közvetlenül is képesek megfertőzni (LOO 2009). A növények föld feletti részeit fertőző fajok a vízfolyásból feltehetően vektorok segítségével képesek fertőzni. Vektorok lehetnek az öntözővíz kivétel, a víz fölé nyúló ágak vagy a vízen átgázoló állatok is (HOHL és mtsai 2013).

A fertőzött folyókból történő öntözővíz kivétel, illetve az öntözővíz tárolása, cirkuláltatása szintén kedvezhet a *Phytophthora* propagulum felhalmozódásának és a betegség terjedésének (GHIMIRE és mtsai 2009). Emiatt is ajánlott az öntözővíz tisztítása, fertőtlenítése, amennyiben a cirkuláltatás szükségszerű a termeléshez (GHIMIRE és mtsai 2009).

Talajban élő *Phytophthora* fajok kadukális sporangiumai vízcseppekkel is terjedhetnek, míg a nem kadukális sporangiumok, klamidospórák, oospórák terjedése a nagy esőzések vagy öntözés során a felszínen lefolyó, vagy felfröccsenő vízzel, és a lemorzsolódott vagy eszközökre tapadt talajrészecskékkel terjednek (ERWIN és RIBEIRO 1996).

A terjedés során, akár a talaj mozgása során, akár a vízfolyásokban, víztározókban egymással kompatibilis *Phytophthora* fajok is találkozhatnak, ami hibridek kialakulásához vezethet. A hibridek ökológiai igényei és patogenitása veszélyt jelenthetnek az ökoszisztémákra. (STUKELY 2012)

A *Phytophthora* fajok terjedésében az emberi közreműködés sem elhanyagolható. A fertőzött területekről a nem fertőzöttek felé a területen áthaladó járművek, munkagépek, a szabadtéri rekreációs tevékenység, illetve a talaj mozgásával is járó munkálatok (erdőgazdálkodás, mezőgazdaság, bányászat, útépités) során keletkező bolygatás mind-mind hozzájárulhatnak a kórokozók terjedéséhez. A *Phytophthora* fajok kontinensek közötti vándorlásában pedig elsősorban a konténeres növényi szaporítóanyag-szállítás kap vezető szerepet. (HANSEN 2008b)

A *Phytophthora* nemzetségen belül jelentős az inváziós fajok száma. Ezek a megtámadott erdő ökonómiai és ökológiai fenntarthatóságát is kockára teszik. Származási helyük és evolúciós leszármazásuk általában ismeretlen. Mivel a honos, erdei *Phytophthora* fajok általában dinamikus egyensúlyban élnek gazdanövényeikkel,

feltételezhető, hogy eredeti elterjedési területükön az inváziós fajok sem okoznak erdőpusztulást, így a nagy területeken, gyorsan terjedő, erdőpusztulást okozó *Phytophthora* fajok feltételezhetően inváziósak (HANSEN 2008b). Bár, mint minden általánosítás, ez is óvatosan kezelendő. Az inváziós *Phytophthora* fajok másik feltételezett ismérve, hogy a behurcolás által okozott palacknyak-hatás következtében a populációik genetikailag egységesek (GARBELOTTO 2008; HANSEN 2008b). Azonban a *Phytophthora* fajok szaporodási módjainak ismeretében, ez a feltételezés is fenntartásokkal fogadható el. Mivel az ivartalan szaporodás a leggyakoribb, és még az ivaros szaporodó fajok között is gyakoriak a homotallikus fajok, a nemzetség fajai esetében a származási helytől függetlenül kis genetikai diverzitás várható (HANSEN 2008b).

Európában jelenleg a tömlősgombák után az *Oomycota* törzs adja a legtöbb inváziós kórokozó fajt. Számuk az 1980 óta eltelt időszakban a korábbi évtizedekben tapasztaltnál képest körülbelül háromszorosára nőtt. A fajszám növekedése részben az új, hatékonyabb detektálási módszerekkel is magyarázható (SANTINI és mtsai 2012), azonban a nemzetségbe tartozó gyökérokókozók ökológiai hatása sokkal súlyosabb, mint a levélvesztést, vagy rákot okozó fajoké (LOO 2009). Ökológiai hatásai több szinten jelentkeznek: a faegyed szintjén, csökkenhet a növedék, a termés mennyisége és a faegyed elpusztulhat. Faj szinten, szelekciós nyomás nehezedik a fertőzés által a fafaj génállományára, melynek hosszú távú evolúciós hatásai lehetnek. Populációdinamikai szempontból, az erdőállományban a kevés ivaros szaporodásra képes túlélő egyed kisebb genetikai állomány átadására képes, és megnőhet az állományban a sarjak (klónok) száma is. Közösségi szinten, csökken az ökoszisztéma fajgazdagsága és átalakul a táplálkozás hálózat. Az ökoszisztémára jellemző folyamatok is megváltoznak. A társulásalkotó fafaj pusztulása jelentős mértékű bolygatásnak minősül, mely megváltoztatja az élőhely mikroklimatikus, fény- és hidrológiai viszonyait, az elérhető tápanyagmennyiséget; valamint csökken az ökoszisztéma produktivitása és élő biomassza-készlete (LOO 2009).

További ökológiai kockázatot jelent, hogy az új környezetben egymás mellé kerülő, korábban földrajzilag izolált *Phytophthora* fajok hibrideket hozhatnak létre, melyek szintén sikeres inváziós fajok lehetnek, ugyanis stressz-tűrő képességük általában nagyobb (SANTINI és mtsai 2012). Az ökológiai hatások mellett az ökonómiai hatás sem elhanyagolható, mely részben a kieső növedékekkel, a csökkent értékű faanyaggal, részben a kórokozó elleni védekezés és a további területek védelme miatt jelentkező többletköltségekkel függ össze (SANTINI és mtsai 2012).

3.5. Fitoftórák betegségek elleni védekezés lehetőségei

3.5.1. Megelőzés

A *Phytophthora* fajok pusztításának elkerülésére, a betegség kialakulásának megelőzése a legfontosabb és a leginkább célravezető. Ehhez a legegyszerűbb lenne az inokulum bejutását megelőzni, vagy a bejutott inokulumot idejekorán megsemmisíteni (ERWIN és RIBEIRO 1996). A korai megsemmisítés azonban az *Oomycota* törzs fajai esetében a detektálás nehézségei és a szaporítóképletek rendkívül gyors képződése miatt nehézkes, sokszor kivitelezhetetlen (ERWIN és RIBEIRO 1996).

A kórokozó bejutásának megelőzésére faiskolákban, kertészetekben a talaj rendszeres fertőtlenítése, az utak réz tartalmú szerekekkel történő permetezése, az eszközök fungicid fertőtlenítése nyújthat lehetőséget (ERWIN és RIBEIRO 1996). Konténeres termesztés esetén fontos az ültető közeg kórokozó-mentességének biztosítása és ellenőrzése, a betegség kialakulását gátló ültető közeg alkalmazása. Ilyen

ültető közeg lehet a jó vízelvezetésű talaj, homok-tőzeg keverék, vagy a keményfa kéregből készült komposzt is, mely a *Phytophthora* fajok szaporítóképleteit gátló növényi anyagokat (pl. fenolokat) is tartalmaz (ERWIN és RIBEIRO 1996). Rendkívül veszélyes, pusztító kórokozók esetén karantént is elrendelhetnek a terjedés megakadályozására. Fitoftóras betegség miatt karantén van jelenleg Észak-Amerikában Kalifornia és Oregon térségében (*P. ramorum* okozta Sudden Oak Death) vagy Nyugat-Ausztráliában (*P. cinnamomi* és más fajok okozta jarrah dieback (web16; web17)). Ezekon a területeken a megelőzés hatásos, hagyományos módja magában foglalja a fertőzött területek felmérését és térinformatikai rendszerbe történő rögzítését; a talaj mozgatásával, munkagépek közlekedésével járó munkálatok időzítését a kórokozó számára kedvezőtlen időszakokra; a fertőzött területeket érintő forgalom szükséges minimumra csökkentését, a fertőzött víz nem fertőzött területre mozgásának megakadályozását, a karantén területet elhagyó eszközök, járművek fertőtlenítését, a szabadtéri tevékenységek minimalizálását a fertőzött területeken; a terepi dolgozók növényegészségügyi-higiéniai képzését, és a közvélemény megfelelő tájékoztatását (HARDY és mtsai 2001).

3.5.2. A betegség előrejelzése

A védekezés indokoltságának eldöntéséhez szükségesek a megfelelő előrejelzések. Mivel a *Phytophthora* fajok többciklusú betegséget okoznak, a kezdeti inokulum mennyiség alapján a betegség előrejelzése nem lehetséges. A fajok ökológiai igényét és epidemiológiáját ismerve, a hőmérsékleti és csapadékviszonyok alapján lehetséges a fertőzésveszély előrejelzése. (ERWIN és RIBEIRO 1996)

3.5.3. Kémiai védekezés

A kémiai védekezés önmagában vagy az integrált növényvédelem részeként is alkalmas lehet a *Phytophthora* fajok elleni védekezésben (ERWIN és RIBEIRO 1996). A vegyszeres védekezésben fungicideket és fungisztatikus anyagokat különböztetünk meg. A fungicidek képesek elpusztítani a kórokozót, míg a fungisztatikus anyagok a sporuláció vagy a növekedés gátlásán keresztül fejtik ki hatásukat.

A kórokozó behurcolásának megelőzésére nagy fertőzésveszély esetén alkalmazható a természeténél fogva használt fa eszközök fertőtlenítésére a réz-naftenát, mely faanyagvédőszer alkotóelemeként is elérhető. Gyakran fertőződnek meg *Phytophthora* fajokkal csemetekertekben, faiskolákban a növények a fertőzött öntözővíz miatt. Az öntözővíz tisztítására az aktív klórt, rézvegyületeket vagy ammóniát tartalmazó szerek lehetnek alkalmasak. A talaj fertőtlenítésére alkalmas szerek lehetnek a nátrium-tetratiokarbonát, a metil-bromid és a klórpikrin, melyeket öntözővízzel, permetezéssel vagy füstöléssel juttathatunk a talajba. Kisebb hatékonyságú anyag a karbation, mely az oospórákat nem képes elpusztítani, azonban-mivel a mikorrhizát nem károsítja-csemetekertek talajának fertőtlenítésére is jól használható (ERWIN és RIBEIRO 1996).

Mivel talajlakó szervezetek elleni védekezés a cél, a fungicidek kijuttatását körültekintően és csak indokolt esetben szabad végezni, a talajra és a talajvízre kiterjedő veszély miatt (BRANZANTI és mtsai 1999; JUHÁSOVÁ és BERNADOVIČOVÁ 2004). A kémiai növényvédelem ellen szól továbbá, hogy a védekezés költségei magasak (BRANZANTI és mtsai 1999; JUHÁSOVÁ és BERNADOVIČOVÁ 2004), és a kórokozó törzsekben hamar kialakulhat szerrezisztencia a felhasznált hatóanyaggal szemben (JUHÁSOVÁ és BERNADOVIČOVÁ 2004). Míg kertészeti és mezőgazdasági jellegű kultúrák esetében jól alkalmazható módszert jelent, erdészeti alkalmazásra (pl. csemetetermesztés) kevés szer rendelkezik érvényes engedéllyel. Ráadásul, míg a

fungicidek vagy fungisztatikus anyagok erdészeti alkalmazása a csemetetermesztés során indokolt lehet, erdei ökoszisztémákban a védekezés magas költségei és a szerek által okozott ökológiai kár alkalmazásuk ellen szólnak. Ennek ellenére, a szakirodalom által javasolt szereket hatásmechanizmus és hatóanyag szerint csoportosítva ismertetem.

Protektív szerek

A védő hatású szerek a fertőzés megakadályozására szolgálnak, a fertőzés bekövetkezése után már nem hatásosak.

A bordói lé és a többi, réz-oxid hatóanyagú szer hatásosnak bizonyul oomikóták ellen. Hatásosságuk a réz-oxid higrofil tulajdonságával is összefügghet. A leveleken belül a réz ionok transzlokálódni is képesek, így eredményesebben fejtik ki hatásukat. (ERWIN és RIBEIRO 1996)

Hatásos védő fungicidek a szerves összetevőket, fentin-acetátot, fentin-hidroxidot tartalmazó szerek is, melyek a gombasejtek oxidatív foszforilációját gátolják, így a sejtek energiaellátó rendszerét teszik tönkre. Nagyon jók a sporuláció megakadályozására; erős fitotoxikus hatásuk miatt azonban csak a vegetációs időszak végén alkalmazzák őket. (ERWIN és RIBEIRO 1996)

A ditiokarbamátok széles hatásspektrumú protektív szerek, melyek nem képesek a növényekben transzlokálódni. Védő szerepük mellett, a ráadásként bevitt cink ion miatt javul a növények ásványianyag gazdálkodása, ami zöldebbé teszi a leveleket. (ERWIN és RIBEIRO 1996)

A klórtalonil Bravo néven kereskedelmi forgalomban, mezőgazdasági, kertészeti céllal (burgonyavész, paradicsomvész elleni védekezés) alkalmazható, esős időben is perzisztens védő hatású fungicid (web12). Természetközeli ökoszisztémákban a vizekre gyakorolt erősen mérgező hatása miatt, alkalmazása nem javasolható (web12). A ftalmidok szintén alkalmasak a fitofitória fertőzések megelőzésére (ERWIN és RIBEIRO 1996).

A védő szerek hátrányaként elmondható, hogy csak a fertőzés megakadályozására alkalmasak, a már behatolt micéliumot nem képesek elpusztítani. Emellett az esőzések lemoshatják őket. Mivel sok védő szer nem képes allokálódni, a friss növedékre nem fejtik ki hatásukat, így gyakori permetezés szükséges a friss hajtásrészek védelme érdekében (ERWIN és RIBEIRO 1996).

Szisztémikus szerek

A szisztémikus szerek eradikatív hatásúak, a már behatolt micéliumot is képesek elpusztítani. Az esőzés lemosó hatásának kevésbé kitétek, hatásukat ugyanis a növényi szövetekben fejtik ki. Aktív vagy passzív módon képesek a növény szövetei, szervei között allokálódni, így hatásukat a friss hajtásokban is kifejtik (ERWIN és RIBEIRO 1996).

A karbamátok közé tartozó protiokarb és propamokarb a talajba juttatva is kifejti hatását és a növények gyökeréből a hajtásba is képes allokálódni, elpusztítva a behatolt kórokozót (ERWIN és RIBEIRO 1996).

A Curzate szisztémikus hatóanyagként kereskedelmi forgalomba kerülő cimoxanilt általában védő szerekkel (pl. rézoxikloriddal) együtt alkalmazzák. A levélbe képes ugyan behatolni, de a növényen belül csak gyengén szállítódik (ERWIN és RIBEIRO 1996). Jól keverhető más szerekkel, így szélesebb hatásspektrum érhető el (web13). A fenilamid típusú szerek közül, a vízben oldható metalaxil már kis dózisban is képes pozitív hatást elérni az összes *Phytophthora* faj ellen. Hatását a riboszomális RNS-re fejtik ki, végeredményben a micélium növekedését megakadályozva pusztítja el a kórokozót. Mivel a sporangiumok, illetve zoospórák csírázását nem gátolja

ugyanolyan mértékben, mint ahogyan a micéliumot képes elpusztítani, a védettség fennmaradása érdekében célszerű védő szerekekkel együtt alkalmazni. A védő szerekek ebben az esetben elpusztítják a csírázó inokulumot, míg a metalaxil a növénybe már bejutott micéliumot öli meg. A metalaxil képes a friss hajtásrészekbe is allokálódni. További hasznos tulajdonsága, hogy a permetezés előtt történt fertőzés esetén is hatásos. Talajba, magokra és hajtásra kijuttatható szerként is forgalomba hozzák (ERWIN és RIBEIRO 1996).

Foszforsav, foszfit

A foszforos sav egy *Phytophthora*-fertőzés ellen általánosan használható fungisztikus szer (ERWIN és RIBEIRO 1996). Ennek anionja (HPO_3^{2-}) a *Phytophthora*-s megbetegedések kialakulását, és a növénybe már bejutott *Phytophthora* micéliumot is képes gátolni. A növény szállítószöveiben, az asszimilátumokkal együtt mozogva allokálódik. Hatása komplex: közvetlen gátló hatás a kórokozóra és védekezést segítő hatás a gazdanövényre (HARDY és mtsai 2001).

Alkalmazásával az állományokban kisebb mortalitás, lecsökkent sporangium és zoospóra-képződés, a micélium növekedésének gátlásán keresztül a léziók méretének csökkenése érhető el. (SMILLIE és mtsai 1989; WILKINSON és mtsai 2001; SHEARER és mtsai 2004)

Önmagában a hatása nem pusztítja el a kórokozót, aktív növényi védekezőrendszerrel párosulva azonban az egyik leghatásosabb védekezési mód *Phytophthora* ellen (SMILLIE és mtsai 1989; ERWIN és RIBEIRO 1996). A fertőzések megelőzésére, vagy a betegség korai stádiumában javasolt (ERWIN és RIBEIRO 1996).

Mivel fitotoxikus hatása alacsony, a talajba juttatva, a törzsbe injektálva vagy akár a levélzetre permetezve erdei ökoszisztémákban és akár ritka, védett növénytársulások fajai esetében is felhasználható védekezésre (PILBEAM és mtsai 2000; HARDY és mtsai 2001).

3.5.4. Integrált növényvédelem

A betegség ellen a termesztési módszerek helyes megválasztása, a rezisztens szaporítóanyag alkalmazása és hatásos vegyszerek felhasználása együttesen adhatja a legjobb eredményt (ERWIN és RIBEIRO 1996).

A helyes termesztési módszerek betartásával a szükséges minimumra csökkenthető a növényvédőszer felhasználás (ERWIN és RIBEIRO 1996).

A higiénia biztosítása az inokulum felhalmozódás megelőzésére szolgál, illetve a fertőzött növényi részek azonnali eltávolítását és megsemmisítését kívánja meg. Ez a többciklusú betegséget okozó *Phytophthora* fajok esetében ugyan csak korlátozott hatékonyságú, de faiskolák, csemetekertek esetében az előállított szaporítóanyag fertőzésmentességének ellenőrzése elengedhetetlen (ERWIN és RIBEIRO 1996). A csemetekertből az erdősítésekbe, erdőfelújításokba kijutó *Phytophthora* fajok a természetes ökoszisztémákban elterjedhetnek és nagy károkat okozhatnak (JUNG és mtsai 2008). A csemeték fertőzésmentességének vizsgálatára az immunválaszon alapuló és a csapdázásos módszerek is alkalmasak (ERWIN és RIBEIRO 1996).

A vetésforgó, különösen olyan növények váltogatásával, amelyeknek nincsenek közös kórokozóik, az inokulum mennyiség talajban történő felhalmozódásának megakadályozására elsősorban csemetekertekben, faiskolákban alkalmazható (ERWIN és RIBEIRO 1996).

A megfelelő tápanyagellátottság biztosítása szerves és műtrágyákkal a gazdálkodás alapvető része. Növényvédelmi kutatások alapján azonban elmondható, hogy a gyengébb tápanyag-ellátottságú növények általában kevésbé fogékonyak a

fertőzésekkel szemben. Sőt, a nitrogén hatóanyag sok esetben növelheti is a fitoftórással megbetegedés kockázatát. Bár a túlzott műtrágyázás káros hatású, egyes szerves eredetű makro- vagy mikroelemek a betegség elleni védekezésben hasznosak lehetnek. Ilyen pl. az ültetés előtt biztosított magas szerves eredetű nitrogén szint, ugyanis a nitrit és az ammónia toxikus a *Phytophthora* propagulumra. A savanyú talajkémhatást toleráló növények esetében a pH 4,0 alatti kémhatás, míg magas alumíniumtartalmú talajokban az ezt toleráló növények esetén pH 5,0 alatti kémhatás biztosítása szintén gátolhatja a *Phytophthora*-fertőzés kialakulását. A makroelemek mellett, a mikroelemek megfelelő koncentrációjának biztosítása is fontos, hogy fertőzés esetén a redukálódott gyökérzet is képes legyen a szükséges ásványi anyagok felvételére. (ERWIN és RIBEIRO 1996)

Konténeres termesztés esetén olyan ültető közeg használata javasolt, amelyben a levegővel teli pórusok aránya magas. Ez lehet a fent már említett homok-tőzeg keverék, megfelelő szerkezetű talaj vagy akár keményfa kéregből készült komposzt is (ERWIN és RIBEIRO 1996).

A biológiai növényvédelem is az integrált növényvédelem fontos részét képezheti. Az antagonista fajok a *Phytophthora* fajok micéliumának, klamidospóráinak, sporangiumainak vagy oospóráinak lízisét segítik elő (ERWIN és RIBEIRO 1996). Mesterségesen kijuttatva, terepi körülmények között azonban csak kevés faj tűnik alkalmasnak a biológiai védekezésre. *Phytophthora* fajok ellen hatásos, biológiai védekezésre alkalmas készítményt állítanak elő *Gliocladium virens* felhasználásával (ERWIN és RIBEIRO 1996). Ugyancsak hatékony biológiai növényvédőszernek vannak kereskedelmi forgalomban a *Trichoderma harzianum* vagy a *Pythium oligandrum* felhasználásával (JUHÁSOVÁ és BERNADOVIČOVÁ 2004).

A biológiai védekezésben az ektomikorrhiza képző gombák is jól felhasználhatók, erdőfelújítás vagy új plantázsok létesítése esetében, a fertőzés megelőzésére (BLOM és mtsai 2009). A korai mikorrhizálás egyrészt javítja a csemeték általános állapotát, és növeli az éves növekedésüket; másrészt, több mikorrhiza képző faj esetében is bebizonyosodott, hogy antagonista hatást képesek kifejteni *Phytophthora* fajok ellen (BRANZANTI és mtsai 1999). Antagonista hatásuk több okra is visszavezethető: fizikai barriert jelentenek a két élőlény között, a kórokozót gátló antibiotikumokat termelnek, felhasználják a többlet szénhidrátot, így a zoospórák kemotaxisát megghiúsítják, ugyanakkor serkentik a gazdanövény inhibitor termelését (BLOM és mtsai 2009). A biológiai védekezés környezetkímélő alternatívát nyújt a növényvédelem számára, mely akár az integrált növénytermesztés keretein belül is jól felhasználható (BRANZANTI és mtsai 1999), alkalmazása azonban nagyfokú precizitást és pontos időzítést követel meg, melyhez szükséges a kórokozó biológiájának és epidemiológiájának pontos ismerete is (ERWIN és RIBEIRO 1996).

Az integrált növényvédelem céljaira a növényi rezisztencia is felhasználható. A gazdanövény rezisztenciája lehet horizontális vagy vertikális. Előbbi esetben a rezisztencia megléte a termőhelytől, illetve a gazdálkodási módtól függ; ha ezek kedvezőtlenül változnak, a növény megfertőződhet. Vertikális rezisztencia esetén a növény ellenálló a kórokozóval szemben, nem képes megbetegedni. Ennek okaival és a rezisztenciamechanizmusokkal a kórokozó-gazdanövény kapcsolat fiziológiája alfejezet foglalkozik. A rassz-specifikus rezisztencia (vertikális), jól felhasználható az integrált növényvédelem elemeként. (ERWIN és RIBEIRO 1996)

3.6. Növény-egészségügyi előírások

Zárlati (karantén) faj: olyan potenciális gazdasági jelentőségű károsító vagy kórokozó, amely veszélyeztet egy területet, de még nincs jelen ott, vagy jelen van, de nem elterjedt, és hivatalosan ellenőrzött (EPPO 2013).

Magyarországon az érvényben lévő 2000/29/EC EU direktíva és a 7/2001 sz. FVM rendelet alapján vizsgálat- és növényútlevél köteles a *Fragaria vesca* szaporítóanyag (mag kivételével), annak érdekében, hogy a *Phytophthora fragariae* zárlati kórokozó behurcolását és terjesztését elkerüljük (The Council of the European Union 2000; FVM 2001). Fásszárúakon előforduló *Phytophthora* fajokra ez a két rendelkezés nem tartalmaz előírást.

Az Európai és Földközi-tenger Melléki Növényvédelmi Szervezet (EPPO) A1 listája azokat a zárlati károsítókat és kórokozókat tartalmazza, amelyek Európában még nincsenek jelen, A2 listája pedig azokat, amelyek már megjelentek, de ellenük még nem terjedtek el, így lehetséges a védekezés. Az EPPO A2 listáján jelenleg négy *Phytophthora* faj szerepel: *Phytophthora fragariae*, *P. kernoviae*, *P. lateralis* és *P. ramorum* (ORGANIZATION 2013). Ezek közül fásszárúakat három faj képes megfertőzni: a *P. kernoviae* a bükk és *Rhododendron* fajokat, a *P. lateralis* a *Chamaecyparis* nemzetséget, míg a *P. ramorum* a tölgyeken, a *Viburnum* és *Rhododendron* fajokat és más fásszárú dísznövényeket. Az EPPO térség egyes területein karantén szabályozások vonatkoznak a polifág, több fásszárú gazdanövénnyel is rendelkező *P. cinnamomi*-ra is (web14)

Az EPPO Alert listája azokat a fajokat tartalmazza, amelyek nem honosak, terjedőben vannak és eséllyel válhatnak karantén károsítóvá vagy kórokozóvá. Ha a kockázat nagy, és növényegészségügyi beavatkozás szükséges, ezek a fajok átkerülnek az A1 vagy az A2 listára. Jelenleg az Alert listán nem található *Phytophthora* faj.

4. Anyag és módszer

4.1. A vizsgált területek természeti viszonyai

4.1.1. Hanság

Földrajzi fekvés, geológiai és domborzati viszonyok

A Kisalföldön, Mosoni-Duna és a Nagy-Duna által határolt Szigetköztől délnyugatra fekvő lápvidék a Hanság. Az erdészeti tájbeosztás alapjára Fertő-Hanság medence részét képezi (HALÁSZ 2006). Határvonalát az alábbi települések jelölik ki: Sarród- Fertőszentmiklós- Agyagosszergény- Kapuvár- Hövej- Kisfalud- Csorna- Győr- Öttevény- Horvátkimle- Rajka és vissza Sarródig az országhatár (DANSZKY 1963a). Napjainkban ezen a vidéken döntően kotus, lecsapolt lápokkal és sűrű csatornahálózattal találkozhatunk. A táj egészének fekvése sík, csak néhány homok és kavics alapú sziget emelkedik ki (HALÁSZ 2006).

A földtörténeti harmadkorban a mai Fertő-tó és Hanság területe egy törés következtében lesüllyedt. A területet a Pannon-tenger, majd a Levantei felső pliocén-tó borította. Ebbe torkollott az Ős-Duna, mely a síkság peremén kiterjedt kavics- és hordalékagyat rakott le. A pleisztocén kor száraz időszakaiban a felszín alakítását elsősorban a szél végezte. A Duna pedig a korábban lerakott hordalékréteget áradásai során halvány, szürkés-sárga agyagréteggel vonta be. (DANSZKY 1963a)

A földtörténeti negyedkorban az Alpokból érkező Répce, Kisrába és Ősikva a terület délnyugati peremén is megkezdte a medence feltöltését. A síkságon azonban a folyóknak nem tudott megfelelő meder kialakulni, így a víz a Győri- medence felé indult. A korábban lerakott jelentős mértékű hordalék azonban a víz lefolyását kelet felé is elzárta, így a mai Hanság területe ismét elvizenyősödött. Az állóvízben a növényi részekből megindult a tőzegképződés. A felhalmozódó, 5-150 cm-es tőzegréteg a talajszintet az állandó vízszint fölé emelte. Ez a tőzegréteg vált a terület jellemző talajképző kőzetévé. (DANSZKY 1963a)

Az erdészeti táj domborzata sík, mindössze a Dóri- dombon és a Földszigeten fordulnak elő a szél által kialakított 1- 5 m magas dombhátak. A jellemző tengerszint feletti magasság 113- 117 m (DANSZKY 1963a). Az erdőterületek 99%-a 150 m tszfm. Alatti sík területen áll. A fennmaradó 1% a hullámterek közepmagas fekvésében áll (HALÁSZ 2006).

Éghajlati adottságok

A Hanság mérsékelt meleg- mérsékelt száraz klímahatás alatt álló vidék. A XX. század második felének adatai alapján az évi átlagos csapadékmennyiség 575 mm, ebből a tenyészidőszakban 351 mm hullik. (HALÁSZ 2006). A terület csapadékeloszlása is szélsőséges, tavaszi és nyári maximumokkal (DANSZKY 1963a). Az éves hőmérsékleti átlag 10,0 °C (DANSZKY 1963a; HALÁSZ 2006). A tenyészidőszaki átlagos középhőmérséklet 16,8 °C (HALÁSZ 2006). Az uralkodó szélirány észak-nyugati, nyugati. A szél gyakran orkánszerűen söpör végig a tájon. A gyakori kései és korai fagyok a növénytermesztés, így az erdőművelés szempontjából is kedvezőtlenek (DANSZKY 1963a).

A tájegységben a zárt tölgyes klíma a jellemző, ám a szárazabb területeken az erdőssztyepp klíma is megjelenhet. A klíma szerepe azonban másodlagosnak tekinthető erdészeti szempontból, ugyanis a tájegység fafajainak megmaradása szempontjából a talajvíz mélysége a döntő jelentőségű (DANSZKY 1963a; HALÁSZ 2006).

Talajviszonyok

A Hanság déli részén a legjellemzőbb talajtípusnak az agyagos-homokos altalajjal rendelkező kotu láptalajok tekinthetők. A Répce és a Kisrába hordalékain savanyú kémhatású lápos réti talajok is kialakultak. A Hanság kiszáradásra, deflációra hajlamos genetikai talajtípusa a kavicsos altalajjal rendelkező kotu láptalaj. Ezek esetében a felső 30- 40 cm-t kotu alkotja, mely alatt fekete agyag található. Az altalaj azonban kemenesaljai kavicsréteg, miáltal a talajtípus vízháztartása rossz. (DANSZKY 1963a)

A növénytermesztés számára szintén kedvezőtlen talajtípusok a tőzeges láptalajok. Ezek felső kotus rétege alatt erősen bomló, finom szövetű tőzeg réteg található. Ebben a tőzegrétegben, 40- 50 cm mélységben a gyökérzet számára áthatolhatatlan, glejes lápiszap réteg húzódik, mely alatt dunai eredetű kavicsréteg terül el. A növényzet száraz időszakokban vízhiányban szenved ezeken a talajokon. A talaj mésztartalma és alsó szintjeiben humusztartalma is alacsony. (DANSZKY 1963a)

A talajok túlnyomórészt időszakos, illetve állandó vízhatás alatt állnak. A múltban lezajlott lecsapolások hatását mutatja azonban az, hogy a hajdani kiterjedt lapterület 12,6%-a ma már többletvízhatástól független termőhely, ahol csak a kialakult talajtípusok mutatják a hajdani felszínközeli talajvíz hatását.

Növényföldrajz

A Hanság erdészeti táj a magyar flóratartomány (*Pannonicum*) alföldi flóraidéke (*Eupannonicum*) kislépföldi flórajárásának (*Arrabonicum*) területén fekszik. Az erdészeti táj más flórajárással nem érintkezik, melynek következtében növényzete egyöntetű (DANSZKY 1963a). A Hanság ősi, lápokban bővelkedő erdőségeinek sorsát a lezajlott vízrendezési munkák megpecsételték (BORHIDI 2003). A területen a legjellemzőbb társulások feltehetően az égerlápok voltak. Napjainkra már csak töredékei maradtak fenn Mosonszentjános illetve Kapuvár térségében (Csíkos-éger, Királyerdő), melyek számos ritka faj menedékeként különleges természeti értéket képviselnek (DANSZKY 1963a; BORHIDI 2003). Ennek a töredékesen megmaradt vízi világnak a megőrzése és rehabilitációja napjainkban a természetvédelem fontos feladata (HALÁSZ 2006).

Erdőművelési vonatkozások

Az 1950-es, '60-as években több zsombékos, mészkedvelő láp-és mocsárrét is erdősítésre került. Ezek eredeti növénytársulásait kisebb részben gyomnövények (mezei veronika, violás repcsény), nagyobb részben nedvességkedvelő réti fajok (mocsári lednek, szürke aszat, fekete nadálytő) és mocsári növények (mocsári gólyahír, mocsári perje, kúszó boglárka) alkották (DANSZKY 1963a).

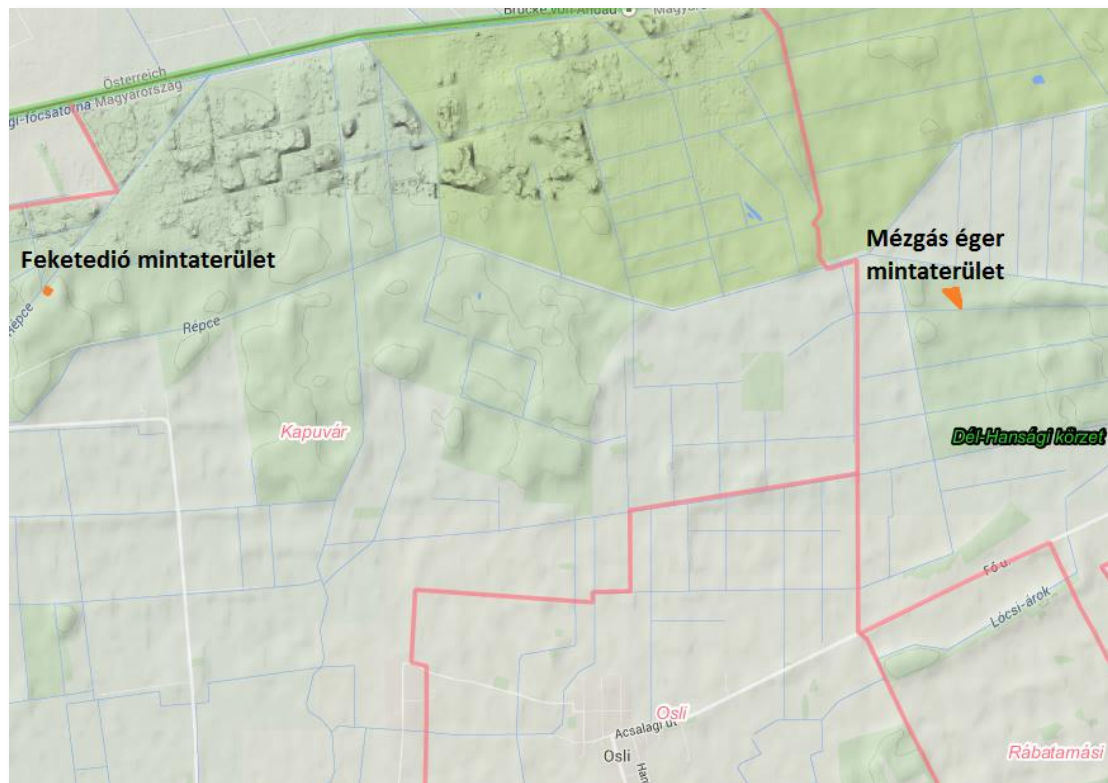
A Hanságban az égerek és a magaskőrös mellett őshonos fafajoknak tekinthetők még a kocsányostölgy, a nyír, az elegyben előforduló fehér és szürkenyár, mezei, hegyi és vénicszil, mezei és hegyi juhar, zselnicemeggy, valamint madárcseresznye. A kiemelt természeti értéket jelentő égerek és kőrisesek mellett azonban a még mindig többletvízhatás alatt álló termőhelyek zömét (59,2%) nemesnyár monokultúrák foglalják el (HALÁSZ 2006)

Erdőművelési szempontból, a területen az utóbi évtizedben a természetszerű faállományok mentése és a nemesnyár fafajcseréje zajlik, döntően tarvágásos formában (HALÁSZ 2006).

A kijelölt mintaterületek jellemzői

A Dél-Hanságban kijelölt két mintavételi terület elhelyezkedését a 3.1 ábra mutatja. Mindkét erdőrészletben, az ezredforduló óta többször is végeztek hasonló jellegű mintavételeket az Erdőművelési és Erdővédelmi Intézet munkatársai, illetve

diplomatervezői. Az itt elvégzett vizsgálatok célja volt a fák egészségi állapotának nyomon követése, a talajban élő *Phytophthora* fajok változásainak monitorozása, a *Phytophthora* fajok előfordulásával kapcsolatos új adatok összevethetősége egyrészt a korábbi vizsgálatokból rendelkezésre álló adatokkal, másrészt a fák egészségi állapotának változásával és a területre a 2011-2012 években jellemző klimatikus és hidrológiai viszonyok alakulásával.



4.1. ábra: A Dél-Hanságban kijelölt mintaterületek. Forrás: Erdőtérkép (web15).

Mézgás éger mintaterület

A mézgás éger mintaterületet a Csorna 13 D erdőrésztletben jelöltem ki. A korábban *Phytophthora alni* járvány által sújtott erdőrésztlet bejárása után egy, az egész erdőrésztletre nézve reprezentatív területen jelöltem ki a 20, sorszámozott fából álló mintaterületet, melyen a későbbiekben a felvételezéseket végeztem. Bár a kis mintaszám az egészségi állapot változásra vonatkozó messzemenő következtetések levonását nem támogatja, a talajminták feldolgozásához rendelkezésre álló laborkapacitás nagyobb mintaszám egyidejű kezelését nem tette lehetővé.

Az erdőrésztlet termőhelyi adatait a 4.1 táblázat tartalmazza.

Feketedió mintaterület

A feketedió mintaterületet a Kapuvár 10 A erdőrésztletben jelöltem ki. A mintaterület kijelölése előtt, 2011 júniusában két, korábban *Phytophthora* fertőzéssel érintett feketedió faállományt jártam be, és mindkettőben gyűjtöttem talajmintákat. Az előzetes talajvizsgálatok eredménye alapján erre az erdőrésztletre esett a választás, mivel innen ismételt *Phytophthora* fajok jelenléte volt kimutatható. Az erdőrésztlet bejárása után az egész erdőrésztlet egészségi állapotát jól reprezentáló helyen jelöltem ki a 20, sorszámozott fából álló, egybefüggő mintaterületet a későbbi felvételezések számára. Bár a kis mintaszám az egészségi állapot változásra vonatkozó messzemenő következtetések levonását ez esetben sem támogatja, a talajminták feldolgozásához rendelkezésre álló laborkapacitás nagyobb mintaszám egyidejű kezelését nem tette lehetővé. Az erdőrésztlet adatait a 4.1 táblázat tartalmazza.

4.1. táblázat: A Dél-Hanságban vizsgált erdőrészek jellemzői

	<i>Csorna 13D</i>	<i>Kapuvár 10A</i>
Klíma	erdőssztyepp	erdőssztyepp
Hidrológia	állandó vízhatás	időszakos vízhatás
Talajtípus	rétláp (síkláp) talaj	öntés réti talaj
Fizikai talajféleség	vályog	vályog
Termőréteg vastagsága	középmély	középmély
Domborzat	sík	sík
Fekvés	sík	sík
Tengerszint feletti magasság	-150	-150
Fafaj	mézgás éger	feketedió
Elegyarány	100%	100%
Kor ²	40	81

4.1.2. Soproni-hegyvidék

Földrajzi fekvés, geológiai és domborzati viszonyok

A Soproni- hegyvidék erdészeti táj az Alpok legkeletibb nyúlványait foglalja magában. Határait északról és jórészt délről is az országhatár képezi, míg a keletről Ikva folyó zárja le (DANSZKY 1963b). A hegység nyugati része átnyúlik az országhatáron (HALÁSZ 2006).

A hegység középső részén, a Brennbergi- medence alapkőzete folyami hordalék. Az őskőzetet borító üledékek egy része tengeri eredetű, míg a kavicstakarót folyók szállították a területre, így azt a környező hegyek kristályos kőzetei alkotják. Kötőanyagként a vörösbarna agyag jelenik meg. A keletebbre eső Várisi- hegyvidék kristályos pala és gneisz őskőzete szervesen csatlakozik a Keleti- Alpok vonulatához, attól csak a Brennbergi- medence választja el. A Hegyvidék legjellegzetesebb alapkőzete a csillámpala, emellett előfordul muszkovit-gneisz, muszkovit-biotit gneisz, fehér kvarcitok és leukofillitek. A hegység keleti peremét helyenként teraszkvics borítja. (DANSZKY 1963b)

A tájegység középhegység jellegű. Tengerszint feletti magassága 220-550 m, legmagasabb pontja a Magasbérc (557,6 m). A fő gerinc nyugat- keleti irányú. A tájrészlet fő völgye a Rák- patak völgye, is nyugat- keleti irányú. Ebbe számos észak- déli irányú mellékvölgy torkollik, kisebb- nagyobb vízfolyásokkal. A mellékvölgyek miatt az oldalak túlnyomórészt keleti, illetve nyugati kiettségűek. Míg a Brennbergi- medencében ez, a szelíd tagoltság és a kedvező klimatikus viszonyok miatt, a növényzetre mérsékelt hatással van, a Várisi-hegyvidéken az élesebb tagoltság és a sekély termőrétegű, savanyú kémhatású talajok miatt sokkal inkább befolyásolja a kialakuló erdőtársulásokat. (DANSZKY 1963b)

Éghajlati adottságok

Az erdészeti táj klímája mérsékeltlen hűvös-mérsékeltlen nedves, illetve nedves (HALÁSZ 2006). Az egész hegységre vonatkozó átlagos adatokat tartalmazza a 4.2. táblázat.

² Az első felvételezéskor (2011).

4.2. táblázat: A Soproni-hegyvidék jellemző éghajlati paramétereit. Forrás: Halász 2006.

	Érték
Évi átlagos csapadék (mm)	694
Tenyészydőszi csapadékmennyiség (mm)	443
Évi középhőmérséklet (°C)	9,2
Tenyészydőszi középhőmérséklet (°C)	15,4

A Brennbergi-medence nagyobb évi átlagos és tenyészydőszi csapadékmennyiséggel jellemezhető, mint a Várasi-hegyvidék. A Brennbergi-medence csapadékeloszlása kifejezetten szubalpin jellegű, egy júliusi csapadékmaximummal; míg a Várasi-hegyvidéken pannon-mediterrán hatásra egy tavaszi és egy őszi csapadékmaximum jellemző. A Brennbergi-medence évi, januári és júliusi középhőmérséklete kis mértékben alacsonyabb, mint a Várasi-hegyvidékre jellemző értékek. Eltérés tapasztalható a két tájrészletben a fagyos, téli, illetve zord napok száma tekintetében is: mindhárom kategóriába Brennberg térségében sorolható több nap. (DANSZKY 1963b)

Talajviszonyok

A Soproni-hegyvidék tömör talajképző kőzetén, a viszonylag magas évi csapadékmennyiség hatására többnyire savanyú nem podzolos, podzolos, pszeudoglejes és agyagbemosódásos barna erdőtalajok alakultak ki. Kisebb mennyiségben az erózió következtében megjelenő váztalajok és a patakok mentén lejtőhordalék-, öntés- és láptalajok is előfordulnak a területen. Hazánkban ezen a vidéken található a legsavanyúbb talajok (a Dalos hegyen akár 3,4-3,5 pH is előfordul a talaj legfelső rétegében). (DANSZKY 1963b)

Növényföldrajz

A Soproni-hegyvidéket a kelet-alpesi flóratartomány (*Alpicum*) *Noricum* flóravidékének Sopron-Kőszegi flórajárásába (*Ceticum*) sorolják (BORHIDI 2003). A besorolás azonban más szerzők munkái alapján árnyaltabb is lehet. Soó Rezső és Csapody István munkái már a XX. sz. közepén megállapították, hogy a hegységnek csak a belső területein érvényesül az alpesi hatás (SZMORAD 2011). Így a peremterületek a *Pannonicum* flóratartomány *Praenoricum* flóravidéék *Castriferreicum* flórajárásába sorolhatók (SZMORAD 2011). A képet tovább árnyalja, hogy a hegység déli lábánál, Ritzing és Neckenmarkt környékén a lajtamészko alapkőzetén megjelent vegetáció a *Praenoricum* flóravidéék *Laitaicum* flórajárásának jellemzőit mutatja (SZMORAD 2011). Növényzeti szempontból is, a táj a Keleti-Alpokkal mutat hasonlóságot. A hegység növényfajai döntően az európai elemcsoportot képviselik, néhány montán, alpin-kárpáti és atlanti-mediterrán fajjal kiegészülve (DANSZKY 1963b; BORHIDI 2003). A flórajárás magashegységi-alpesi elemeit általában a patak menti égerligetekben találhatjuk meg. A flórajárás területén a mézskerülő tölgyesek jellegzetes faja a helyenként tömeges fekete áfonya (*Vaccinium myrtillus* L.), valamint a korpafűfajok mellett a hegyi lednek (*Lathyrus montanus* Bernh.) megjelenése is (BORHIDI 2003).

A Brennbergi-medence határhoz legközelebb eső, legmagasabb térszínű vidékein (Asztalfő, Magasbérc) a zonális erdőtársulást a gyertyánelegyes-bükkösök félszáraz, üde, félnedves és nedves típusai jelentik, bennük szálanként előforduló luccal (*Picea abies* [L.] Karsten) vagy ritkábban jegenyefenyővel (*Abies alba* Mill.). Ahogy közeledünk a Várasi-hegyvidékre keresztül a hegység pereméhez, a bükkös fokozatosan

elmarad, és helyét a gyertyános-kocsánytalan tölgyesek veszik át. Ezek nyugat-dunántúli változatára (mediostiriacum) a gyertyános-tölgyes elemek mellett a ciklámen (*Cyclamen purpurascens* Mill.) és a tavaszi kankalin (*Primula veris* L.) jellemző. A félnedves (*Allium ursinum*) és a félszáraz *Carex pilosa*-*Hedera helix*-*Vinca minor*-gyertyános tölgyesek aránya a Soproni-hegységben viszonylag kicsi. Jóval gyakoribbak az üde *Asperula*- és a nudum típusok. A legáltalánosabban elterjedt típus azonban *Melica uniflora*-gyertyános-kocsánytalan tölgyes. A gyengébb termőhelyeken savanyú gyertyános-tölgyesek (*Luzulo-Quercu-Carpinetum*), savanyú tölgyesek (*Luzulo-Quercetum*) és savanyú bükkösök (*Luzulo-Fagetum*) különböző típusai (*Vaccinium myrtillus*-, *Deschampsia flexuosa*- és *Luzula albida*-típusok) jelennek meg. A vízfolyásokat kiterjedt égerligetek (*Carici brizoidi-Alnetum*) kísérik. Helyenként kőris és égerlápok (*Fraxineto-Alnetum*) is találhatóak. A hegység peremén őshonos szelídgesztenyések kapcsolják össze az erdőt a gyümölcsstermesztési célú ültetvényekkel (DANSZKY 1963b; HALÁSZ 2006).

Erdőművelési vonatkozások

A Soproni-hegyvidék erdeit a 16. századtól kezdődően a 20. század elejéig döntően rövid (20-40 éves) vágásfordulóval, sarjerdő üzemmódban kezelték. Jellemző volt az erdőkben az alomszedés és a legeltetés is (SZMORAD 2011). Ennek következtében a kiterjedt bükkösök háttérbe szorultak, helyüket sok helyen a gyertyán, a kocsánytalan tölgy, illetve pionír fafajok foglalták el, mivel ezek a fafajok jobban elviselték a sarjaztatást és a mostohábbá váló termőhelyi feltételeket (DANSZKY 1963b, SZMORAD 2011). Az érzékenyebb területeken végeredményben a savanyú tölgyesek területaránya növekedett, míg a szélsőségesen leromlott termőhelyeken nyíres-csarabos fenyérek alakultak ki, melyekbe másodlagosan betelepedett az erdei fenyő (DANSZKY 1963b).

A 19. század közepén megkezdődött a leromlott, sarjerdővé alakult állományok átalakítása, Muck András tervei alapján (SZMORAD 2011). Ezt sok esetben tarvágást követő fenyvesítéssel kezdték, melynek során döntően lucfenyőt és vörösfenyőt, kisebb mértékben jegenye-, erdei és feketefenyőt alkalmaztak (SZMORAD 2011, DANSZKY 1963b). A 20. század második felében folytatódott a fenyvesítés, melynek során a duglász és az erdeifenyőt alkalmazták a legnagyobb előszeretettel. A Brennbergi-medencében a bükk területarányának növelését is célul tűzték ki. A tarvágások helyett ebben az időszakban kezdték el alkalmazni a fokozatos felújító vágásokat (DANSZKY 1963b).

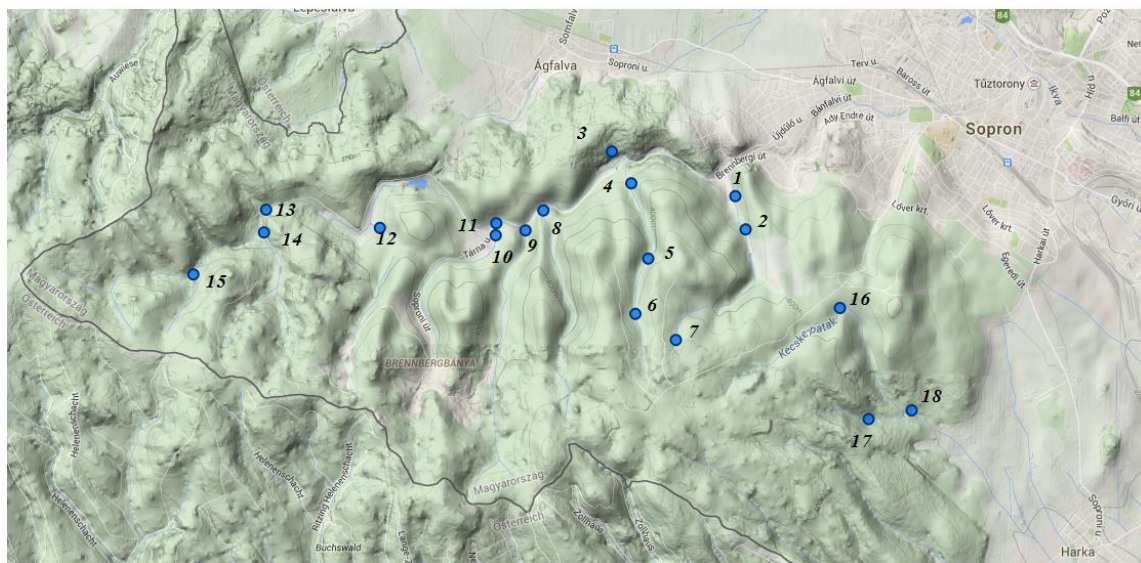
Napjainkban a Soproni-hegység erdősültsége 72,9%. A legnagyobb kihívást az elmúlt évtizedekben és napjainkban is a pusztuló lucfenyő állományok tarvágásos erdőszerkezet-átalakítása, fafajcseréje jelenti. Emellett, egyre inkább előtérbe kerülnek a hosszabb időtartamú fokozatos felújító vágások is (HALÁSZ 2006).

Mintázott terület

A mintavételi pontokat a 4.2 ábra jelöli. Összesen 18 ponton, zömmel a Rák-patak vízgyűjtőjén végeztem el a források, patakok vizének csapdázását. A vizsgálat fő célja a területen előforduló *Phytophthora* fajok lehető legteljesebb felmérése volt. További kitűzött cél volt az egyes fajok előfordulását vagy hiányát befolyásoló környezeti tényezők vizsgálata. Mivel *Phytophthora*-ra jellemző tünetekkel járó fapusztulást nem tapasztaltam, így részletes egészségi állapot felmérést sem végeztem a vizsgált területeken.

A mintavételi pontok kijelölésénél törekedtem arra, hogy a vízfolyások alsó, torkolat előtti szakaszán legyenek, hogy nagyobb területre vonatkozó információt kaphassak az eredményekből. Annak érdekében, hogy a csapdák a lehető leghosszabb

ideig a vízben maradhassanak, fontos szempont volt, ne túl feltűnő helyre kerüljenek, és, hogy az adott szakaszon a víz lassú folyású legyen. Emellett, a gyakori mintavételezés miatt, igyekeztem viszonylag könnyen megközelíthető pontokat kijelölni.



4.2. ábra: A Soproni-hegyvidéken kijelölt mintavételi pontok. Forrás: Erdőtérkép (web15).

4.1.3. A Rábavölgy tájrészlet

Földrajzi fekvés, geológiai viszonyok, domborzat

A Rábavölgy tájrészlet egy mély fekvésű, iszapos síkság a Sopron-Vasi síkság erdészeti tájban, a Rába folyó mentén. A folyó medre Sárvárig természetes futású és mederállapotú; a várostól észak-keletre azonban már szabályozott (HALÁSZ 2006).

A tájegység legjellemzőbb alapkőzete az Ősrába levantei korú kavicstakarója, melyet helyenként terciér korú márga agyag, illetve lösz borít. Homokot csak a tájegység peremén, Szergény és Fertőszentmiklós környékén találhatunk. A kavicsból és kevés agyagból cementálódott hordalék sok helyen a felszín közelében, 20-30 cm mélységben már jelen van. Helyenként a Rába, Répce és Marcal vegyes szemcseösszetételű (tojás nagyságú kavicsból a finom homokig) hordaléka is talajképző közzé vált. Emellett, Egyházaskesző és Magyargencs határában miocén kori homokkő is részt vett a talajok kialakulásában. (DANSZKY 1963a)

A Sopron-Vasi síkság legalacsonyabban fekvő tájrészlete a Rábavölgy. A részlet erdeinek mindössze egynegyede fekszik 150 m-nél magasabban. Az erdők 57%-a középmagas fekvésű hullámtéri erdő (HALÁSZ 2006).

Éghajlati adottságok

Az erdészeti táj gyertyános -tölgyes klímájára a mérsékelt meleg, mérsékelt hűvös, illetve a mérsékelt nedves klímahatások jellemzőek. Az évi középhőmérséklet 10°C, míg a tenyészidőszak középhőmérséklete 16,5°C. Az átlagos évi csapadékmennyiség kevés, mindössze 648 mm, melyből a tenyészidőszakban 403 mm hullik (HALÁSZ 2006). Érdekes, hogy a júliusi csapadékmaximum mellett az ősz, illetve november, december hónapok rendkívül szárazak. Az uralkodó szélirány nyugati, illetve észak-nyugati (DANSZKY 1963a).

Talajviszonyok

A többletvízhatástól független termőhelyeken barna erdőtalajok, rankerek, illetve cseri talajok alakultak ki. Ezeken a területeken a talajok fizikai félesége 87%-ban vályog. Az időszakos vízhatású termőhelyeken általában öntés-és réti talajokat találhatunk, míg a változó vízgazdálkodású termőhelyek gyakori talajtípusai a pszeudoglejes barna erdőtalaj, illetve a cseri talajok is. (HALÁSZ 2006)

A Rába és a Répce öntésein homokos, humuszban szegény, nem karbonátos nyers öntéstalajok alakultak ki. Ezek kolloidtartalmúak, emiatt vízgazdálkodásuk jó; és a rendszeres áradások vízutánpótlásukról is gondoskodnak. Középmagas vagy magas fekvésekben már gyengén humuszos öntések alakultak ki, 30-40 cm vastag humuszos feltalajjal. Ezek is kalcium- karbonát mentesek. Vályogos szekezetűek, jól rétegzettek és vízgazdálkodásuk is jónak mondható. Bennük a vasfoltos, glejes réteg a humuszos réteget nem éri el. (DANSZKY 1963a)

A tájegység leggyakoribb talajtípusa a pszeudoglejes barna erdőtalaj. Ezek esetében is a feltalaj porhullásból származik, ez alatt pedig a többé-kevésbé cementált kavicsréteg helyezkedik el, mely részben vízzáró és minden esetben gyökérszűrő réteg. A talajtípus vízgazdálkodása rossz, hiszen nyáron igen száraz, míg tavasszal és ősszel túl nedves. (DANSZKY 1963a)

A Rába és a Répce közti vidéken három öntés eredetű talajtípus alakult ki, melyek fejlődésében rész vett és jelenleg is részt vesz a talajvízhatás. Ezek közül legelterjedtebb a réti öntéstalaj, mely elsősorban a folyók közelében jellemző. Ezeken a humuszosodás 100-150 cm-t is elérhet, azonban tömöttek, levegőtlenek, és változó mélységben glejesek. Kémhatásuk kissé savanyú. Csorna környékén és a Rábaköz mélyedéseiben réti talajok a jellemzőek. Ezek humuszos rétege vékonyabb, mindössze 40-100 cm vastagságú. Kémhatásuk gyengén savanyú vagy semleges. Magasabb térszinteken, ahol már az erdő meg tudott telepedni, réti és öntés erdőtalajok alakultak ki. Ezek esetében már a tömött szerkezet fellazult, morzsássá alakult. A glejes réteg 50-60 cm alatt található. Bár levegőzésük még kifogásolható, vízgazdálkodásuk jó és humusztartalmuk magas. Mészmentesek, kémhatásuk enyhén savanyú. (DANSZKY 1963a)

A Rába-völgy tájrészletben-a Sopron-Vasi síkság egészéhez viszonyítva-magas (25%) a homok fizikai féleségű talajok aránya (HALÁSZ 2006).

Növényföldrajz

Növényföldrajzi szempontból a Rábavölgy elkülönül a környező tájaktól (DANSZKY 1963a).

A Rábavölgy tájrészlet részben a kisalföldi (*Arrabonicum*), részben a vasi (*Castriferreicum*) flórajárás része. Pannóniai, mediterrán, illír, atlantikus és montán flóraelemek találkoznak a tájrészletben. Számos nyugat-atlanti elem itt éri el elterjedési területének keleti határát (pl. csarab). (DANSZKY 1963a)

A tájrészlet legjobb termőhelyein gyertyános-kocsánytalan tölgyesek állnak, melyekben a gyertyános-tölgyesek valamennyi jellemző faja (szagos müge [*Galium odoratum* L.] Scop.], berki szellőrózsa [*Anemone nemorosa* L.], pézsmaboglár [*Adoxa moschatellina* L.], gombernyő [*Sanicula europaea* L.], nagy völgyecsillag [*Astrantia major* L.]) megtalálható. A Rábavölgyben hajdanán a mainál nagyobb szerepet játszhattak a tölgy-köris-szil ligeterdők, helyüket azonban sok esetben fehér füzes, illetve nemes nyáras kultúrerdők foglalták el. A száraz termőhelyeken ligetes molyhos-kocsánytalan tölgyesek jelennek meg, cserjeszintjükben borókával, a gypszintben pedig pannon flórával (pl. tavaszi hérics [*Adonis vernalis* L.]). A tájrészletben szép cseres állományok is találhatóak, a lombkoronaszintben általában cserrel és

kocsánytalan tölgygel, ritkábban kocsányos tölgygel, a gyepszintben pedig ágas homokliliommal, királyné gyertyájával, keskenylevelű tüdőfűvel. A pusztai tölgyesek cseresektől való elhatárolása is ezek segítségével lehetséges, ugyanis a pusztai tölgyesek gyepszintjében a szamóca (*Fragaria vesca* L.), fekete lednek (*Lathyrus niger* L.), erdei méhfű (*Melittis melissophyllum* L.), és a nagyzezerjófű (*Dictamnus albus* L.) megjelenése jellemző. (DANSZKY 1963a)

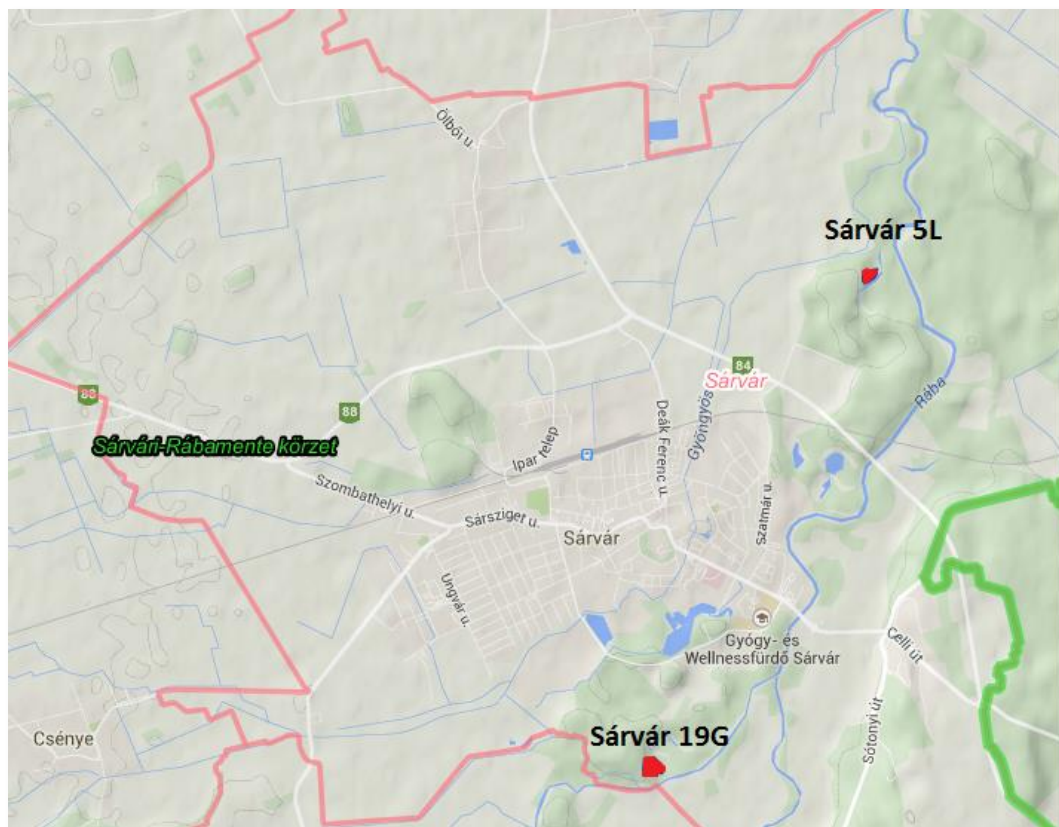
Erdőművelési vonatkozások

A XX. század közepéig jellemzően sarjerdő üzemmódban kezelték az állományokat, így az idősebb erdők között található ma is sarj eredetűeket, melyek záródása helyenként hiányos. A nemes tölgyek rovására már ebben az időszakban sok helyütt tért hódított a cser és az akác. A kiváló termőerejű öntéstalajokon kocsányos és szlavontölgyet, vagy kőris állományokat ültettek, melyek nagy értéket képviseltek. Az árterületeken a jó fejlődésű szürke-, fekete- és nemesnyárasok mellett nagyobb területen ültettek feketediót is, mely azonban sok helyen sínylődik, állományai gyengének, betegesnek bizonyultak már a hatvanas években is. A XX. század második felében sok helyen fafajcserét hajtottak végre, melyhez előszeretettel alkalmazták az erdei és a feketefenyőt. A gyertyános-tölgyes, illetve cseres-tölgyes állományokban a tarvágás mellett alkalmazni kezdték a fokozatos felújító vágást is. Ebben az esetben a felújítás részben a természetes újulatra, részben makkvetéssel vagy csemeteültetéssel kivitelezett alátelepítésre támaszkodva valósult meg (DANSZKY 1963a).

A Rába-völgyben jelenleg a természetszerű gyertyános-kocsányos tölgyesek, kocsányos tölgyesek, égeresek és fűzesek mellett kisebb arányban kultúrállományok is előfordulnak. A többletvízhatású termőhelyeken nemesnyárasok, a szárazabb területeken akácok állnak. A tájrészlet egészén jellemző a tarvágásos üzemmód alkalmazása. (HALÁSZ 2006)

Mintázott terület

A két vizsgált erdőrészt területi elhelyezkedését a 4.3. ábra jelöli.



4.3. ábra: A Sárvár környékén vizsgált erdőrészetek. Forrás: Erdőtérkép (web15).

Sárvár 5L erdőrészet

A Sárvár 5L erdőrészetben előzetes bejárás után, az erdőrészet teljes területén elszórtan választott fák esetében történt mintavétel és egészségi állapot felmérés. Az erdőrészet termőhelyi és egyéb jellemzőit a 4.3 táblázat foglalja össze. Az erdőrészetben aktív pusztulási folyamat volt észlelhető. A tünetek *Phytophthora* fertőzésre utaltak. A fő célkitűzés a pusztulásért felelős faj(ok) azonosítása volt. Emiatt az erdőrészetben egyszeri mintavétel történt, mintaterület kijelölésére nem volt szükség. Az erdőrészet elhelyezkedését a 4.3 ábra mutatja.

Sárvár 19G erdőrészet

2011 nyár végén és 2012 kora tavaszán a fiatal, elegyes erdőrészetben a madárcseresznye fák hirtelen pusztulására lettek figyelmesek a Szombathelyi Erdészeti Zrt. szakemberei. Az erdőrészet termőhelyi és egyéb jellemzőit a 4.3 táblázat, elhelyezkedését a 4.3 ábra mutatja. A cél ezen a területen is a pusztulásért felelős tényezők azonosítása volt. Mivel ebben az erdőrészetben is egyszeri mintavétel történt, mintaterületet nem jelöltem ki.

4.3. táblázat: A sárvári mintavételi helyek termőhelyi és egyéb jellemzői

	Sárvár 5L	Sárvár 19G
Klíma	gyertyános-tölgyes	gyertyános-tölgyes
Hidrológia	Időszakos vízhatás	időszakos vízhatás
Talajtípus	Öntés erdőtalaj	homokos öntés
Fizikai talajféleség	Vályog	homokos öntés
Termőréteg vastagsága	Igen mély	középmély
Domborzat	Sík	sík (lapály)
Fekvés	Középmagas	középmagas
Tengerszint feletti magasság	Hulámtér (ártér)	hullámtér (ártér)
Fafaj	feketedió	kocsányos tölgy (60%), magas kőris (25%), madárcseresznye (5%), feketedió (5%), bálványfa (2%), akác (3%), vöröstölgy, mézgás éger, gledícsia.
Elegyarány	100%	
Kor	59 és 79 év ³	12 ⁴

4.2. Egészségi állapot felmérés és mintavétel

Egészségi állapot felmérés

Az egészségi állapot értékelése szemrevételezéssel történt. Az elsődleges, a gyökfőn illetve a törzs alsó részén jelentkező tünetek értékelésére az alábbi skálát alkalmaztam:

1. Tünetmentes fa,
2. A kéregnekrózis a fa kerületének kevesebb, mint 10%-ára, és a fa teljes magasságának kevesebb, mint 10%-ra terjed ki.
3. A kéregnekrózis a fa kerületének és a fa teljes magasságának 10-30%-ra terjed ki.
4. A fa kerületének és magasságának több mint 30%-ra terjed ki a nekrózis.
5. A fa elpusztult.

A másodlagos koronatünetek értékelésére az alábbi skálát használtam:

1. Egészséges, tünetmentes korona.
2. A korona kevesebb, mint 20%-a pusztul. Néhány levél sárgás színű, a normálnál kisebb méretű.
3. A korona 20-50%-a pusztul. A sárgás elszíneződést mutató, esetleg kisebb levelek nagyobb csoportokban fordulnak elő.
4. A korona több, mint 50%-a elpusztult. A sárgás levelek nagyobb csoportokban fordulnak elő, vagy a visszamaradó korona egésze sárgás. A levelek a normálnál kisebb méretűek.
5. Teljesen elpusztult a fa.

A skálák egyes fokozatait a 4.4 ábrán láthatók.

³ 2011-ben.

⁴ 2012-ben.



4.4. ábra: A tünetek értékelésére használt skálák szemléltetése. A1-A5: gyökfő tünetek, B1-B5: koronatünetek.

Talajminta vétel

A vizsgált fák gyökérszónájából összesen körülbelül egy liternyi talajt gyűjtöttem. A talajt a fa tövétől számított egy méter sugarú körön belülről, négy különböző pontról gyűjtöttem, körülbelül 5-30 cm mélységből. A négy mintát ezután összekevertem, majd egy nejlon zacskóban további feldolgozásra laboratóriumba szállítottam.

A vízi csapdázás

A csapdázáshoz műanyag hálóból (szúnyogháló) tasakot készítettem, melyet kapsokkal négy rekeszre osztottam. A háló sarkaira parafa korongot helyeztem, annak érdekében, hogy a csapda a teljes csapdázási időszak folyamán, a víz felszínén lebegjen (4.5. ábra). A csapdába előzőleg 10% nátrium-hipoklorit oldattal fertőtlenített és desztillált vízzel leöblített, egészséges, frissen gyűjtött babérmeggy leveleket helyeztem. A csapdázáshoz ez esetben célszerűbbnek bizonyult az idősebb, legalább néhány hónapos levelek használata, mint a fiatal leveleké. Az idősebb levelek keményebb szövete ellenállóbb a vízben élő lebontó szervezetekkel szemben, így ezek tovább maradhattak a patakokban. A tasak színe is befolyásolt: fehér vagy szürke színű hálóból készült tasakot hosszabb ideig lehet megfigyeléseim szerint a vízben tartani, mint a feketét. A csapdát lényegesen minél hosszabb ideig a vízben tartani, ugyanis a felhígult propagulum mennyiség mellett, hosszabb csapdázási idő kell, hogy a lehetőségekhez képest a legtöbb fajt összegyűjtsük.



4.5. ábra: A vízi csapdázáshoz készített levélcsapda

Az elkészített csapdát a víz felszínére helyeztem, majd horgász damil segítségével a parton egy fához vagy kőhöz rögzítettem. A csapdát igyekeztem a hőmérsékleti viszonyoktól függő, lehetséges leghosszabb ideig a vízben tartani, annak érdekében, hogy a levelek a vízben felhíguló inokulum mennyiség ellenére, a lehető legszélesebb fajspektrumot legyenek képesek összegyűjteni. Hűvösebb, tavaszi és őszi időszak esetén egy hétig, forró, nyári időjárás esetén legfeljebb két napig tudtam a leveleket a vízben tartani, ennél későbbi begyűjtés esetén a levelek teljesen elrothadtak.

Az egyes mintavételi területeken a vizsgálatok eltérő célja miatt, kismértékben eltérő vizsgálatokat végeztem. Ezek összefoglalását tartalmazza a 4.4 táblázat.

Feketedió állományokban elvégzett vizsgálatok

A kapuvári mintaterület esetében négy alkalommal (2011 június 18., szeptember 11., 2012. június 17., szeptember 15.) történt egészségi állapot felvételezés és talajminta-vétel. Mind a négy alkalommal a 20 kijelölt faegyedet vizsgáltam. Emellett, a mintaterület közelében folyó Rábca és a mintaterület határát lépező csatorna vizét is vizsgáltam, vízi csapdázással, mind a négy felvételezéskor.

A sárvári mintaterület esetében, friss pusztulást jeleztek a szakemberek. Itt az erdőrészlet bejárása után, az erdőrészlet teljes területén elszórva választottam tíz, eltérő egészségi állapotú faegyedet, melyek egészségi állapotát rögzítettem, és gyökérszónájának talajából mintát vettem.

A fák gyökfőjén, törzsén fertőzésre utaló tünetek, folyás, rákos seb nem jelentkeztek. Az egészségi állapot értékelése így mindkét területen a koronatünet skála alapján történt.

Mézgás éger állomány:

A területen négy alkalommal (2011 június 11., szeptember 11., 2012. június 17., szeptember 15.) történt egészségi állapot felmérés és mintavétel. Az egészségi állapot felmérést mind a koronatünetek, mind a gyökfőtünetek értékelésére szolgáló skála alapján elvégeztem, a 20 kijelölt fa esetében, minden alkalommal. A 20 kijelölt fa gyökérszónájából minden alkalommal talajmintát vettem. Amennyiben friss folyással járó gyökfőtünetet észleltem, a kéregből és a kéreg alatti növényi szövetekből is vettem mintát. Minden alkalommal egyidejűleg vízi csapdázással ellenőriztem az erdőrészlet közelében folyó csatorna vizében előforduló *Phytophthora* fajokat is, vízi csapdázással.

Madárcseresznye fák:

A mintavétel az erdőrészlet bejárása után, a fertőzéssel leginkább sújtott területen történt, eltérő egészségi állapotú fák kiválasztásával. Összesen hat fa esetében végeztem részletes vizsgálatot, a minták szállíthatósága és feldolgozhatósága miatt. Az egészségi állapot leírására a gyökfőtünet skálát használtam. A mintavételezés korai időpontja (2012. március) miatt, a koronatünetek értékelése az elhalt hajtásrészek arányának becslésére terjedt csak ki. A terepi bejárás után 1 egészséges, tünetmentes, 1 súlyosan károsodott, de még élő, és 4, a vizsgálat előtt nem sokkal elpusztult fa gyökérzónájának talajából, továbbá két elpusztult és a még élő, de súlyosan károsodott fa gyökérzetéből is vettem mintát. Az erdőrészlet határát képező Rába-holtág vizének vizsgálatát is elvégeztem, csapdázással.

Soproni-hegyvidék

A csapdázások alkalmával, mintavételi helyenként 5-5 fa egészségi állapotát vizsgáltam, a fenti koronatünet-skálák alapján. Pusztulást vagy az egészségi állapot romlását sem a vizsgált fák, sem a környéken álló többi fa esetében nem tapasztaltam, emiatt az így kapott adatokkal a továbbiakban nem foglalkozom.

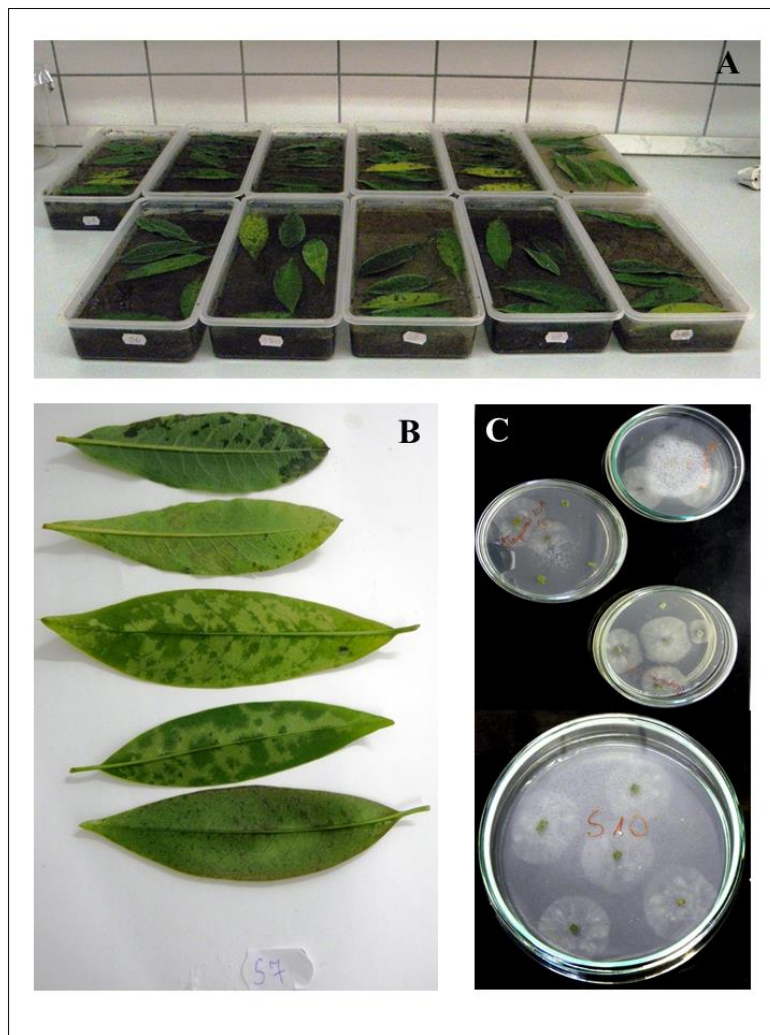
A csapdázás Sopron környékén, összesen 18 mintavételi ponton történt, döntően a Rák-patak vízgyűjtőjén. Csapdázásra a patakok kissé kiszélesedő, kisebb esésű, lassabb folyású szakaszait választottam, közel a torkolathoz. A helyeket rögzítettem, minden felvételezést ugyanazon a ponton végeztem. A felvételezéseket 2011-ben öt alkalommal (április, május, július, szeptember, október) végeztem el, 2012-ben pedig április, május, június, július, augusztus, szeptember és október hónapokban, mindig a hó közepén. 2012-ben a csapdázással egyidejűleg mértem a víz hőmérsékletét, mélységét és kémhatását is.

4.4. táblázat: Az egyes mintavételi területeken elvégzett vizsgálatok összefoglalása

Hely	Fafaj	Mintaterület	Felmérés ideje	Felmérés célja	Elvégzett vizsgálat	Gyűjtött minta
Kapuvár	feketedió	állandósított, 20 jelölt fa	2011. június, szeptember, 2012. június, szeptember	A jelölt fák egészségi állapotának nyomon követése, a gyökereiken, gyökérszónájukban előforduló <i>Phytophthora</i> fajok felmérése, az adatok összevetése	egészségi állapot felmérés a koronatünetek értékelésével, talajmintavétel, vízi csapdázás	talajminta (alkalmanként 20 db), alkalmanként két vízi csapda (összesen 8)
Csorna	mézgás éger	állandósított, 20 jelölt fa	2011. június, szeptember, 2012. június, szeptember	A jelölt fák egészségi állapotának nyomon követése, a gyökereiken, gyökérszónájukban előforduló <i>Phytophthora</i> fajok felmérése, az adatok összevetése	egészségi állapot felmérés a korona- és gyökfőtünetek értékelésével, talajmintavétel, friss tünet esetén növényi szövetminta vétel (törzs), vízi csapdázás	talajminta (alkalmanként 20 db), növényi szövet (három alkalommal, alkalmanként egy db), alkalmanként egy vízi csapda
Sárvár	feketedió	nem állandósított	2011. június	Az erdőrészt pusztulásának okait felderíteni	Egyszeri talajmintavétel és egészségi állapot felmérés a koronatünetek alapján.	talajminta (10 db.)
Sárvár	madárcs eresznye	nem állandósított	2012. március	Az erdőrészt pusztulásának okait felderíteni	Egyszeri talajmintavétel és egészségi állapot felmérés a koronatünetek alapján, vízi csapdázás	talajminta (6 db.), gyökérminta (4 db), egy vízi csapda
Sopron	-	Rák-patak vízgyűjtője	2011. április, május, július, szeptember, október, 2012. április-október, havonta	A soproni-hegységben elforduló <i>Phytophthora</i> fajok minél teljesebb feltárása, és annak vizsgálata, hogy mi befolyásolja előfordulásukat vagy hiányukat.	vízi csapdázás	mintavételi pontonként és alkalmanként egy csapda

4.3. Izolálás

Az izolálást levélsapda-módszerrel végeztem. Ehhez a begyűjtött talajmintákból a köveket és a növényi részeket gondosan eltávolítottam, majd mintánként körülbelül 250 mg-ot 500 ml desztillált vízzel felöntöttem egy tiszta, lapos, két liter térfogatú műanyag edényben. Száraz minta esetén a felöntés előtt kis mennyiségű vízzel nedvesítettem a talajmintát. A zoospórák csapdázásához egészséges, frissen gyűjtött, fiatal havasszépe (*Rhododendron sp.*) és babérmeggy (*Prunus laurocerasus L.*) leveleket használtam (THEMANN és WERRES 1998; NAGY és mtsai 2000). Felhasználás előtt a levelek felszínét 10% nátrium-hipoklorit oldattal fertőtlenítettem, majd desztillált vízzel leöblítettem. A csapdázást 22°C-on, természetes fényviszonyok között végeztem. Pozitív minta esetén 2-4 napon belül sötét, vizenyős foltok jelentek meg a leveleken (4.6 ábra).



4.6. ábra: Az izolálás módja: A. levélsapdázás; B. *Phytophthora*-fertőzésre utaló vizenyős léziók a levélsapda fonákán; C. *Phytophthora* telepek szelektív agar táptalajon.

A fertőzött levélrészekből körülbelül 5x5 mm-es darabot vágtam ki és helyeztem *Phytophthora*-szelektív agar táptalajra, steril szikével.

A felhasznált szelektív agar táptalaj 1,5% maláta kivonatot és 2% bakteriológiai agart tartalmazott. Autoklávozás után, 80°C körüli hőmérsékleten ampicillint (250 mg/l), benomilt (15 mg/l) és hymexazolt (50 mg/l) adtunk a táptalajhoz.

Ha a vizsgált fákön kéregnekrózist tapasztaltam, vagy elhalt gyökeret találtam, a szövetből is megkíséreltem *Phytophthora*-t kitenyészteni. Ehhez a kéreg- vagy gyökérmintát az élő és az elhalt szövetrészek határáról vettem, és még a terepen desztillált vízbe tettem. Ezután néhány napig naponta váltott desztillált vízben áztattam a szövetmintát, míg a kitenyésztest gátló anyagok a szövetekből kioldódnak, és a desztillált víz nem színeződik el. Ezután az élő és elhalt szöveteszek határáról 5 mm x 5 mm nagyságú darabokat metszettem ki steril szikével, majd szelektív táptalajra helyeztem a kimetszett darabokat.

A szelektív táptalajra helyezett növényi részeket 20 °C-on, sötétben inkubáltam. A *Phytophthora* fajokra jellemző fehér telepek a táptalajon 2-4 napon belül jelentek meg.

4.4. Törzsgyűjtemény

A szelektív táptalajon kifejlődött *Phytophthora* telepek növekvő széléből 5 mm x 5 mm-es darabot metszettem ki steril körülmények között, és ferde agarra (PDA) helyeztem a későbbi fajazonosításig. A morfológiai és/vagy molekuláris módszerekkel *Phytophthora*-ként azonosított izolátumokból a későbbi vizsgálatokhoz rendelkezésre álló, 400 különböző törzset tartalmazó törzsgyűjteményt hoztam létre. A *Phytophthora* törzseket tartalmazó kémcsöveket hűtőszekrényben, 7-10 °C közötti hőmérsékleten tartom fenn, állapotukat rendszeresen ellenőrzöm, és növekedési erélytől függően körülbelül fél évente oltom át. A disszertáció elkészítéséhez 351 törzs adatait használtam fel.

4.5. Fajazonosítás

A fajazonosítás a morfológiai bélyegek vizsgálata és DNS szekvenciák alapján történt.

A morfológiai bélyegeket sárgarépaszeletes táptalajon (BRASIER 1969), 20°C-on, sötétben kitenyésztt telepeken vizsgáltam. A sporangium-képzés indukálása nem-steril talajoldat felhasználásával (JEFFERS és ALDWINCKLE 1987) történt. A mért és feljegyzett bélyegek a következők voltak: a napi sugárnövekedés mértéke, a kialakult telepjelleg, a mikroszkópikus képletek morfológiája. A vizsgálat az Erwin és Ribeiro (1996) és Kröber (1985) könyvében megjelölt szempontok alapján történt (KRÖBER 1985; ERWIN és RIBEIRO 1996). Az azonosításhoz fajleírásokat, internetes adatbázisokat és könyveket használtam fel (web6; ERWIN és RIBEIRO 1996).

Sok esetben szükség volt a minden kétséget kizáró azonosításhoz molekuláris módszerekre is. A molekuláris azonosítás során a választott izolátumok riboszomális DNS-ének ITS1-5.8S-ITS2 szakaszát felszaporítottuk és szekvenáltattuk. A tiszta micélium burgonya-glükóz táptalajra (PDA; 39 g/l, Microtrade Kft. Budapest) helyezett steril celofán lapon fejlődött. A tenyészetből DNS-t vontam ki, vagy Direct PCR-t végeztem. A 2011-es gyűjtés esetében a DNS kivonás és később a PCR is a REDExtract N-Amp Plant Kit (Sigma-Aldrich) segítségével, míg a 2012-es gyűjtés esetén a PCR közvetlenül a micéliumból, a PHIRE Plant Direct PCR Kit (Thermo Scientific) felhasználásával történt, a gyártó útmutatása szerint ('Direct Protocol'). A PCR-hez az ITS6 (forward) és az ITS4 (reverse) primer párt használtam (COOKE és DUNCAN 1997). A PCR reakció egy Eppendorf Mastercycler Personal PCR készülékben zajlott. A PCR körülményei megegyeznek a Cooke és Duncan (1997) által leírtakkal (COOKE és DUNCAN 1997). A kapott PCR terméket ezután EZ-10 Spin Column PCR Purification Kit (BioBasic Inc.) segítségével tisztítottam, a gyártó útmutatása szerint. A tisztított PCR termékek szekvenálása a 2011-ben és 2012 márciusában gyűjtött izolátumok esetében két, a később gyűjtöttek esetében egy irányban történt, az EUROFIN laboratóriumában (Ebersberg, Németország). A szekvenciák javításához,

kiegyenlítéséhez a Sequence Scanner 1.0 (web10) és a ClustalX szoftvert használtam (THOMPSON és mtsai 1997). Az azonosításhoz homológokat a GenBank-ban (NCBI adatbázis) a BLASTN szoftver segítségével (web8) és a Phytophthora Database-ben (web5) kerestem.

A 8-10. kládokba (BLAIR és mtsai 2008) tartozó fajok esetében a későbbi adatelemzések szükségessé tették a translation elongation factor 1 alpha (TEF1a) gén szekvenálását is. Ehhez a tenyészeteket az azonosítás során fent leírtak szerint készítettem elő. A polimeráz láncreakcióhoz a PHIRE Plant Kit (Thermo Scientific) vegyszercsomagot használtam, a gyártó direct protokollra vonatkozó leírása szerint. A felhasznált primerek a következők voltak: EF1A-for és EF1A-rev (KROON et al 2004). A polimeráz láncreakciót egy Kyra Tech Trinity PCR készülékben végeztem, az alábbi program szerint: Inicializáció: 98 °C; 5 min; (denaturáció: 98°C, 5 s, kapcsolódás: 52 °C, 1 min 30 s, meghosszabbítás: 72 °C, 1 min) 39 ismétléssel, majd meghosszabbítás 72°C, 1 min. A PCR termékek tisztítása és a tisztított termék ellenőrzése a korábban említettek szerint történt. A szekvenálást ez esetben is a EUROFIN laboratórium végezte, két irányból történt a leolvasás. A kapott szekvenciák ellenőrzése, az esetleges javítások manuálisan történtek, a Sequene Scanner szoftver segítségével. Double peak-ek esetében a javításhoz a IUPAC szerinti nemzetközi jeleket alkalmaztam. A két irány összefésüléséhez a GeneRunner (Hastings Software Inc. 1994) és a Clustal X szoftvereket használtam.

4.6. Részletes morfológiai jellemzés

Részletes morfológiai jellemzésbe igyekeztem minden megtalált *Phytophthora* faj 10-10, vagy, ha ennél kevesebb izolátumot gyűjtöttem, minden rendelkezésre álló törzsének egy-egy tenyészetét. A tenyészeteket sárgarépa szeletes táptalajon, 20°C-on állítottam elő. A sporangium képzés indukálására nem steril talajoldatot használtam. Ezt egy rész kerti talaj és négy rész desztillált víz felhasználásával készítettem, és egy nap üledék után szűrőpapíron kétszer átszűrtem. A mikroszkópi vizsgálatot addig folytattam, amíg minden, a fajra jellemző képletet nem sikerült statisztikailag kiértékelhető mennyiségben lemérnem, vagy legkésőbb egy hónapig.

A megfigyelt képletek jellegzetességeit rögzítettem, méreteikből minimum, maximum és átlag adatokat számítottam a Microsoft Office Excel 2010 szoftver segítségével.

4.7. Patogenitás vizsgálatok

A csemeték fertőzése során a csemeték törzsének mesterséges fertőzését és gyökérfertőzési módszereket alkalmaztam. Az elvégzett kezeléseket fajonként és kezelési időpontként alább részletesen is bemutatom, a módszerek összefoglalását a 4.5 táblázat tartalmazza.

A törzssebzéses fertőzés módszere

A sebzés minden esetben körülbelül két cm-rel a talaj felszíne felett történt. A csemeték tövét először vízzel lemostam, majd 10% koncentrációjú nátrium-hipoklorit oldattal fertőtleníttem. A nagy törzsátmérővel rendelkező csemeték (feketedió csemeték) esetében a csemeték törzsének alján 5 mm átmérőjű sebet készítettem egy 70%-os etanollal fertőtlenített fafűrő segítségével, melybe a kórokozó tenyészetből egy 5 mm x 5 mm méretű darabot helyeztem. Ezután a sebet paraffin szalaggal (Parafilm® Pechiney Plastic Packaging Company) zártam le. A kis törzsátmérővel rendelkező csemeték esetében (mézgás éger, madárcseresznye, kocsánytalan tölgy) a fafűrő alkalmazása nem volt megoldható. Ezeket egy 70%-os etanollal fertőtlenített szike segítségével fertőztem meg. A szikével egy keskeny, 5 mm hosszúságú sebet ejtettem a

törzsön. A sebbe egy 5 mm x 5 mm nagyságú kórokozó-tenyészet darabkát helyeztem, majd a kérget a sebre visszahajtottam, a sebet Parafilmmel lezáram. A kontroll csemeték esetében a sebet fertőzés nélkül zártam le a Parafilmmel. A kontroll csemeték esetében azért volt szükség a sebezésre, hogy a későbbi értékelés során a sebzés okozta

4.5. táblázat: A kivitelezett patogenitásvizsgálatok

Fafaj	<i>Phytophthora</i> faj	Vizsgálati módszer	Csemeteszám	Fertőzés ideje
Feketedió	<i>P. plurivora</i>	tősebzés	8	2012.09.07.
	<i>P. cactorum</i>		8	
	kontroll		8	
Feketedió	<i>P. plurivora</i>	tősebzés	15	2013.05.08.
	<i>P. cactorum</i>		15	
	<i>P. polonica</i>		15	
Mézgás éger	kontroll	tősebzés	15	2013.04.28
		talajfertőzés	18	2013.04.28
	<i>P. gonapodyides</i>	tősebzés	18	2013.04.28
		talajfertőzés	18	2013.04.28
	<i>P. taxon raspberry</i>	tősebzés	18	2013.04.28
		talajfertőzés	18	2013.04.28
		tősebzés	18	2013.04.28
	<i>P. inundata</i>	talajfertőzés	18	2013.04.28
		tősebzés	18	2013.04.28
	<i>P. lacustris</i>	talajfertőzés	18	2013.05.17
		tősebzés	18	2013.05.17
Kocsánytalan tölgy	Kontroll	tősebzés	17	2013.04.28
		tősebzés	7	2013.05.08
	<i>P. gonapodyides</i>	talajfertőzés	7	2013.05.01
		tősebzés	7	2013.05.08
	<i>P. lacustris</i>	talajfertőzés	7	2013.05.17
		tősebzés	7	2013.05.08
	<i>P. plurivora</i>	talajfertőzés	7	2013.05.01
		tősebzés	7	2013.05.08
	kontroll	szabadföldi	7	2013.05.08
		konténeres	7	2013.05.01
	Madárcseresznye	<i>P. polonica</i>	vályogtalaj, tősebzés és talajfertőzés	10
homokos vályog talaj, tősebzés és talajfertőzés			10	2013.04.28-2017.05.01
<i>P. plurivora</i>		vályogtalaj, tősebzés és talajfertőzés	10	2013.04.28-2017.05.01
		homokos vályog talaj, tősebzés és talajfertőzés	10	2013.04.28-2017.05.01
Kontroll		vályogtalaj, tősebzés és talajfertőzés	10	2013.04.28-2017.05.01
		homokos vályog talaj, tősebzés és talajfertőzés	10	2013.04.28-2017.05.01

élettani változások hatását, illetve esetleges egyéb, sebsparazita kórokozók hatását ki tudjuk zárni.

A talajfertőzés módszere

A fertőzésre lombfakadás után került sor, amikor már láttam, hogy az átültetést túléltek a csemeték. A csemeték talaját előzetesen kis mértékben nedvesítettem, majd a csemete töve körül négy helyre elosztva, összesen két, PDA-n nőtt *Phytophthora* sp. tenyészetet juttattam. Ezután a készített lyukakat az ültetőközeggel betakartam. A kontroll csemeték esetében a lyukakba a kórokozó tenyészetek helyett azonos mennyiségű PDA-t tettem.

A kísérletek kiértékelése

A kísérletek kiértékelése során, ahol ezt másként nem jelzem, a hajtás hosszát, a gyökfő átmérőjét, a gyökérzet hosszát és szélességét, valamint törzssebzés esetén a kialakult kéregnekrózis hosszát és szélességét mértem. A mérések mellett, a hajtás és a gyökérzet egészségi állapotát értékeltem az alábbi ötfokozatú skálák segítségével.

A gyökérzet egészségi állapotának értékelésére szolgáló skála (4.7 ábra):

1. Egészséges, tünetmentes gyökérzet;
2. 30% alatti gyökérpusztulás, csak néhány vékony gyökér pusztult el;
3. A gyökérzet 30-50%-a elpusztult;
4. A gyökérzet 50%-nál nagyobb része elpusztult, a főgyökéren is sebek találhatók;
5. A csemete elpusztult.



4.7. ábra: A gyökérzet egészségi állapotának értékelésére szolgáló skála szemléltetése különböző egészségi állapotú mézgás éger csemeték gyökérzetével.

A hajtás egészségi állapotának értékelésére szolgáló skála:

1. Tünetmentes csemete;
2. Néhány, normálnál kisebb méretű levél, esetleg sárgás elszíneződéssel;
3. A korona 30-50%-a elpusztult;
4. A korona 50% feletti része elpusztult;
5. A csemete elpusztult.

A kiértékelés után a törzs és a gyökérzet nekrotikus részeiből, és gyökérfertőzés esetén a talajból a korábban ismertetett módszerekkel *Phytophthora* megkíséreltük a fertőzéshez felhasznált *Phytophthora* fajokat visszaizolálni.

4.7.1. Feketedió csemeték mesterséges fertőzése

A fertőzés két időpontban történt. Az első fertőzéshez a 2011 szeptemberében Kapuvár 10 A állományból izolált 202a azonosítójú *P. plurivora*, és a 2011 júniusában ugyanabból az állományból izolált 174/2 azonosítójú *P. cactorum* törzseket használtam. A kórokozókat PDA táptalajon 20°C-on, sötétben tenyésztettem ki; a felhasználáskor 14 naposak voltak.

A felhasznált feketedió csemeték 3,5 hónaposak voltak. Közvetlenül kelés után átültetésre kerültek, ezután 10 literes konténerben nőttek. 2012 tavaszán, előzetesen rézgáliccal fertőtlenített magokból neveltem őket. Mind a magágy, mind a konténerekhez felhasznált talaj az előzetesen kivitelezett levélcsapda módszer alapján *Phytophthora*-fajoktól mentesnek bizonyult. A rossz kelési arány miatt, 2012 őszén 24 csemete állt ehhez a kísérlethez rendelkezésemre, így a teszt során törzsenként 8 csemetét és 8 kontroll csemetét (összesen 24 csemete) használtam fel.

A fertőzés kivitelezése 2012. szeptember 8-án történt. A csemeték gyors növekedése és nagy méretei miatt, törzsszebzéses módszerrel vizsgáltam a kórokozó törzsek patogenitását. A szebzés a fent ismertetett módon történt. A csemetét szükség szerint öntöztem. Áttelelésük egy fagymentes, zárt kamrában történt. A kamra hőmérséklete és páratartalma a külső időjárási körülményektől függően ingadozott. A kísérlet kiértékelése 10 hónap inkubáció után, 2013 júliusában történt. A kiértékelés során a hajtás hosszát (cm), a gyökfő átmérőjét (mm), a gyökérzet hosszát (cm) és szélességét (mm), a keletkezett kéregnekrozis hosszát (mm) és szélességét (mm) mértem és a hajtás és a gyökérzet egészségi állapotát értékeltem egy-egy ötfokozatú skála alapján.

A második fertőzés 2013. május 8-án történt. Ekkor a 202a azonosítójú *P. plurivora*, a 174/2 azonosítójú *P. cactorum* és a 141/2 azonosítójú *P. polonica* Belbahri, E. Moralejo, Calmin & Oszako (Gyűjtve: Sárvár, 2011. Június, Feketedió állomány) törzsek 14 napos, 20°C-on, sötétben, PDA táptalajon nőtt tenyészeteivel történt a fertőzés. A fertőzött csemeték egy évesek voltak, 2012 tavaszán vettem őket el a Tóalmi csemetekertben. Szabadföldben nőttek. A rossz kelési arány ezek esetében is szigorú korlátot szabott a lehetőségeimnek: kórokozó törzsenként 15 csemetét és 15 kontroll csemetét (összesen 60 csemete) használtam fel a kísérletekhez. A fertőzés módszere törzsszebzés volt, melyet a 2012. szeptemberi fertőzésben ismertetettel azonos módon kiviteleztem. A csemetét szükség esetén öntöztem, egyébként természetes viszonyok között tartottam fenn 2013. októberig. A kiértékelés során a hajtás állapotát értékeltem, és a hajtás hosszát (cm), a gyökfő átmérőjét (mm), a kialakult nekrozis hosszát (mm) és szélességét (mm) mértem.

4.7.2. A mézgás éger csemeték fertőzése

Négy faj, *P.alni*, *P. taxon raspberry*, *P. inundata* és *P. lacustris* patogenitását vizsgáltam. A felhasznált törzsek a 2011-es gyűjtésből származnak, adataikat a 2.1

táblázat tartalmazza. A négy, mézgás éger állomány talajából származó törzs mellett egy patakvízből származó *P. gonapodyides* törzset is felhasználtam a kísérlethez, mivel egyrészt a csapdázott patakok mellett mézgás éger ligetek húzódnak a Soproni-hegyvidék nagy részén, másrészt, más kutatók vizsgálatai szerint ez a faj gyakran kerül elő mézgás éger állományok talajából (SZABÓ és mtsai 2013). Fajonként egy reprezentatív törzset választottam a fertőzéshez inokulum forrásként. A felhasznált telepek 14 naposak voltak, PDA-n nőttek 20°C-os, sötét termosztátban, 90 mm átmérőjű sugársteril műanyag Petri-csészékben.

A csemetek a fertőzéskor egy évesek voltak, erdészeti csemetekertből származtak, majd műanyag, 2,5 l térfogatú konténerekbe 2013 márciusában kerültek átültetésre. A konténerekben használt talajt levélsapda-módszer segítségével ellenőriztem, és *Phytophthora*-mentesnek bizonyult. A talaj fertőtlenítése labor körülmények között nem volt megoldható, részben a felhasznált nagy talajmennyiség, részben a csemetek elhelyezési nehézségei miatt. Izolátumonként 18+18 csemetét, és 17 kontroll csemetét használtam fel (összesen 197 csemete), mivel a többi csemete a 2013 márciusában hirtelen érkező fagy miatt elpusztult a konténerben.

A fertőzés 2013. április 26-án és 27-én történt. Törzsenként 17 (összesen 85) csemete esetében törzsfertőzéses módszert alkalmaztam. Ugyancsak törzsenként 17 csemete (összesen 85) esetében talajfertőzés történt. A fertőzéseket a korábban ismertetettek szerint kiviteleztem.

A csemeték 2013. szeptemberig természetes körülmények között tartottam fel, amikor szükségesnek bizonyult, öntöztem őket. 5 hónap inkubációs idő után kiértékeltem a fenti skálák alapján a gyökérzet és a hajtás egészségi állapotát, megmértem minden csemete esetében a hajtás hosszát (cm), a gyökfő átmérőjét (mm), a gyökérzet hosszát (cm), szélességét (mm), a törzsfertőzött egyedek esetében a kialakult kéregnekrózis hosszát (mm) és szélességét (mm). Ezután ellipszoid képlet segítségével számítottam a nekrózisok területét (mm²).

4.7.3. Madárcseresznye csemetek mesterséges fertőzése

A patogenitásvizsgálat során a homokos fizikai talajféleség madárcseresznye csemetek egészségi állapotára gyakorolt hatását is tesztelte, vályog fizikai féleségű talaj hatásával összevetve. A felhasználás előtti levélsapdázás alapján, mindkét ültetőközeg *Phytophthora* fajoktól mentes volt. A fertőzéshez a 207/1 azonosítójú *P. plurivora* (izolálva: Sárvár, madárcseresznye fa gyökérszónájának talaja, 2012. március) és a 210/2 azonosítószámú *P. polonica* (izolálva: Sárvár, madárcseresznye fa gyökérszónájának talaja, 2012. március) törzsek tenyészetét használtam fel. A tenyészetek PDA-n nőttek, 20 °C-on, sötétben, 90 mm átmérőjű sugársteril műanyag Petri-csészékben. A fertőzéskor 14 naposak voltak, és teljesen benőtték a rendelkezésükre álló agar felszínét.

A fertőzési kísérlethez két éves madárcseresznye csemeték használtam fel, amelyeket 2013 márciusában ültettem át 2,5 l térfogatú műanyag konténerekbe. A csemetek erdészeti csemetekertből származtak. Az átültetéshez használt talaj a levélsapda-módszer eredménye alapján *Phytophthora*-mentesnek bizonyult. Laboratóriumi körülmények között a sterilizálás ez esetben sem volt megoldható, a nagy talajmennyiség és a csemetek elhelyezési problémái miatt. Hat különböző kezelést alkalmaztam, tízszeres ismétléssel (4.5 táblázat). A két különböző talajféleség használatát az ez indokolta ebben a kísérletben, hogy a vizsgált erdőrésztlet (Sárvár 19G) talajtípusa homokos öntés, mely előzetes feltevésem szerint a márcseresznye fák vitalitását csökkenthette, így a fertőzés hatását súlyosbíthatta. A patogenitásvizsgálattal egyidejűleg a nagyobb homoktartalmú talaj betegség lefolyására gyakorolt esetleges hatását is vizsgáltam.

A fertőzés talajfertőzéssel és törzssebzéssel is megtörtént. A fertőzéseket a korábban ismertetettek szerint kiviteleztem. A csemetéket szükség esetén öntöztem, egyébként természetes körülmények között tartottam fenn az őszi kiértékelésig.

13 hét inkubációs idő eltelté után kezdtem el a kísérlet kiértékelését. A kiértékelés során mértem a hajtás hosszát (cm), a gyökfő átmérőjét (mm), a gyökérzet hosszát (cm), a gyökérzet szélességét (mm), a nekrozis hosszát és szélességét (mm), melyekből ellipszis képlet alkalmazásával területet számoltam (mm²). A hajtás és a gyökérzet egészségi állapotát a fent ismertetett skála alapján értékeltem.

4.7.4. Kocsánytalan tölgy csemeték mesterséges fertőzése

A fertőzéshez három, a Soproni-hegység patakjaiból gyűjtött faj (*P. plurivora*, *P. gonapodyides*, *P. lacustris*) egy-egy törzsét használtam fel. A törzsek adatait a 2.2 táblázat tartalmazza. A felhasznált törzsek tenyésztési PDA-n, 20 °C-on, sötétben nőttek, 90 mm átmérőjű sugársteril Petri-csészékben. Akkor kerültek felhasználásra, amikor mind teljesen benőtték a rendelkezésre álló táptalaj felületét.

A felhasznált csemeték a TAEG ZRt. Tóalmi csemetekertjéből származtak, 2012 tavaszán átültetésre kerültek egy kísérleti területre, majd innen 2012 márciusában 28 csemete ismét átültetésre került, 2,5 l térfogatú műanyag konténerekbe. A kétéves kocsánytalan tölgy csemeték fertőzése 2013 májusában (05. 01., 05. 08., 05. 17.) történt.

A törzsfertőzéshez törzsenként hét csemetét használtam fel. A csemeték szabadföldben nőttek. A fertőzést a korábbiakban ismertetett módon kiviteleztem.

A talajfertőzéshez használt csemetéket 2013 márciusában 2,5 liter térfogatú műanyag konténerekbe ültettem át. A konténerekben használt ültetőközeg *Phytophthora*-mentességét a levélcsapda módszer bizonyította. A gyökérfertőzéshez szintén kórokozó törzsenként hét csemetét, és hét kontroll csemetét használtunk. (Összesen 28 csemete.) A talaj fertőtlenítése laboratóriumi körülmények között nem volt megoldható, a nagy mennyiségű szükséges talaj miatt. A csemetéket a későbbiek folyamán, amikor szükséges volt, öntöztem, de ezt leszámítva, természetes körülmények között tartottam fenn az októberi kiértékelésig. A talajfertőzést 2013 májusában a korábban ismertetett módon kiviteleztem.

A kiértékelés során a törzsfertőzött csemeték esetében értékeltem a fenti skála alapján a hajtás egészségi állapotát, mértem a hajtás hosszát (cm), a gyökfő átmérőjét (mm), és a kialakult kéregnekrozis hosszát és szélességét (mm). Utóbbiakból az ellipszis-képlet alapján számoltam a nekrozis területét (mm²).

A gyökérfertőzött csemeték esetében a hajtás és a gyökérzet állapotának értékelése a fenti skálák alapján történt. Egyidejűleg, a hajtás hosszát (cm), a gyökfő átmérőjét (mm), a gyökérzet hosszát (cm) és szélességét (mm) mértem.

4.8. A védekezési lehetőségek vizsgálata

A mikorrhiza kapcsolat, a foszfit hatóanyagú tápoldatok és a réz hatóanyagú fungicidek betegségre gyakorolt hatását, illetve a tápoldatok és a fungicidek mikorrhizára gyakorolt hatását vizsgáltuk.

A kísérleteket a kadarkúti székhelyű Sarkpont Zrt.-vel együttműködve végeztük. A konténeres szelídgesztenye csemetéket a Sarkpont Zrt. Biztosította a kísérlethez, a csemeték mikorrhizálását is ők végezték, egy, a *Scleroderma* nemzetséghez tartozó, ektomikorrhiza-képző faj termőtestének talajba morzsolásával.

A csemetéket 2012 májusában szállították, azokat először a Tanulmányi Erdőgazdaság Zrt. Soproni Erdészetének Tóalmi csemetekertjében helyezték el, majd

célszerűségi okokból a NYME Botanikus kertjébe hoztuk, ahol elkerített, részben kontrollált körülmények között végeztük a kísérleteket.

2012. június 3-án a csemetek egy részét megfertőztük a Sarkpont Zrt. Kadarkúti gesztenyéséből 2010 szeptemberében szerző által izolált *Phytophthora cambivora* laboratóriumunkban fenntartott és elszaporított tiszta tenyészetével. A tenyészet elszaporítását PDA táptalajon, 20 °C-on, sötétben végeztem, 90 mm átmérőjű sugársteril műanyag Petri csészékben. A fertőzéshez 10 napos tenyészeteket használtam fel. A fertőzést a talajba, a gyökerek közelébe juttatott micéliummal végeztük. A csemete töve körül négy helyre elosztva, összesen egy-negyed tenyészetet juttattam a talajba, csemeténként. Továbbá a talajfertőzött csemetek felét a gyökfő sebzésébe helyezett tenyészetdarabkával is megfertőztem. Ehhez vízzel lemostam, majd 10% nátrium-hipoklorit-oldattal fertőtlenítettem a csemetek törzsének alsó részét. 70% etil-alkohollal fertőtlenített fafúróval 5 mm átmérőjű sebet ejtettem a csemetek törzsén, melybe 5 mm x 5 mm tenyészetdarabkát helyeztemk, majd a kérget a sebre visszahelyeztem, és az egészet Parafilm-mel lezártam. A mikorrhizált csemetek esetében a tápszerez és fungicides vizsgálatra szánt csemeteket nem fertőztem meg, mert azoknál az alkalmazott szerek mikorrhizára gyakorolt hatásának vizsgálata volt a cél.

2012. június 10-én elvégeztük a tápszerez és fungicides kezeléseket. Foszfites tápszerként a Fosfitex FR 5%-os oldatát alkalmaztuk, 50 ml/csemete dózisban. Réz hatóanyagú fungicidként a Rézoxiklorid 50 WP 0,2%-os oldatát használtuk, 50 ml/csemete adagban. Az egyes fertőzési és kezelési módokat és a csemeteszámkat a 4.6. táblázat tartalmazza.

4.6. táblázat: A szelídgesztenye tintabetegsége elleni védekezési kísérlet elrendezése

Nem mikorrhizált csemete	Kontroll (K)	10 db
40 db	Fertőzött (<i>P. cambivora</i>) (T: talaj; D: talaj és tőseb)	10 db (5 talaj, 5 talaj és tőseb)
	Fertőzött + Fosfitex FR (PT; PD)	10 db (5 talaj, 5 talaj és tőseb)
	Fertőzött + Rézoxiklorid 50WP (CuT; CuD)	10 db (5 talaj, 5 talaj és tőseb)
Mikorrhizált csemete	Kontroll (MK)	10 db
	Fertőzött (<i>P. cambivora</i>) (MT; MD)	10 db (5 talaj, 5 talaj és tőseb)
	Nem fertőzött + Fosfitex FR (MP)	10 db
	Nem fertőzött + Rézoxiklorid 50WP (MCu)	10 db
Összesen		80 db

A csemetek állapotát folyamatosan ellenőriztem, szükség esetén a csemeteket öntöztem. A csemetek egészségi állapotát több alkalommal értékeltem (2012. augusztus, október, december, 2013. május). A kísérletet 2013 júniusában fejeztem be, amikor a csemeteket kiszedtem a talajból, a gyökérzetüket kimostam, biometriai és állapotjelző adatokat vettem fel és mikroszkópos vizsgálattal ellenőriztem a mikorrhiza állapotát.

A kísérlet végső kiértékelésénél a következő adatokat rögzítettem:

- él, vagy elpusztult a csemete;
- hajtás (szár) hossza (cm);
- szár kerülete a tőnél (gyökfőnél) (cm);

- gyökérzet hossza (cm);
- gyökérzet átmérője (cm);
- hajtás állapota (4 fokozatú skála szerint értékelve);
- gyökérzet állapota (6 fokozatú skála szerint értékelve);
- mikorrhizáltság mértéke (5 fokozatú skála szerint értékelve)
- a tösebbe fertőzött csemetéknél a keletkezett kéregelhalás hossza és szélessége (cm).

Az alkalmazott skálák:

Hajtás állapota:

1. *Phytophthora*-ra jellemző tünetektől mentes, egészséges csemete,
2. normálnál kisebb méretű, kissé sárgás levelek,
3. (törzsfertőzés esetén) a fertőzött szárrész elhalt, a másik tünetmentes,
4. elpusztult a csemete.

Gyökérzet állapota:

1. egészséges gyökerek, dús hajszálgyökérzet,
2. egészséges gyökérzet,
3. ritka gyökérzet, sok elhalt gyökérvég,
4. a gyökérzet fele elhalt,
5. a gyökérzet több, mint fele elhalt,
6. teljesen elhalt gyökérzet.

Mikorrhizáltság:

1. sok mikorrhiza, a gyökérzet minden pontján,
2. van mikorrhiza, a gyökérzet minden részén,
3. részleges, egyes helyeken sok, másutt kevés, vagy egyáltalán nincs mikorrhiza,
4. kevés mikorrhiza van, és csak a gyökérzet egyes részein,
5. nincs mikorrhiza.

Az adatfeldolgozás során, ismétlésenként átlagoltuk a mérési és értékelési adatokat, továbbá az egyes ismétlések legkisebb és legnagyobb értékeit gyűjtöttük ki.

A vizsgálat statisztikai kiértékelése során az alábbi kérdésekre kerestünk választ:

- Észlelhető-e a mikorrhizáltság hatása a nem fertőzött csemeték biometria jellemzőiben?
- A három, szakirodalomban gyakran ajánlott védekezési mód (réz tartalmú növényvédőszer, foszfit hatóanyagú tápoldat, mikorrhizáltság) közül melyik biztosítja a leghatékonyabb védelmet a szelídgesztenye tintabetegsége esetében?
- A réz-oxiklorid, illetve a foszfit hatóanyagú tápoldat alkalmazható-e mikorrhizált csemeték esetében a mikorrhiza károsodása nélkül?

4.9. A statisztikai kiértékelés

4.9.1. A mintavételek elégségességének vizsgálata

Annak érdekében, hogy meggyőződhessek a mintavételek számának elégségességéről, fajtelítődési görbéket készítettem az egyes mintavételi területekre. Az extrapolációt a Michaelis-Menten függvény segítségével végeztem. A függvény képlete az alábbi (HAMMER és mtsai 2001):

$$y = \frac{ax}{b + x}$$

A függvény képe jól illeszkedik a fajtelítődési görbékre. Így extrapolálásával jól becsülhetjük a biodiverzitást (HAMMER és mtsai 2001).

4.9.2. Az egészségi állapot adatok összehasonlítása

Az adatsorok elemzésére a STATISTICA (Ver. 11, StatSoft Inc. 2012) szoftvert használtam.

A monitorozott feketedió és a mézgás éger mintaterületek (Kapuvár 10 A és Csorna 13 D erdőrészekben) egészségi állapot-változás adatsorainak értékelésére Kruskal-Wallis és Mann-Whitney tesztekkel használtam, hogy lássam, történt-e változás az egészségi állapotban, és ha igen, mely felvételezési időpontok térnek el egymástól szignifikáns mértékben.

4.9.3. A szezonális vizsgálat

Az egy területen, de eltérő időpontokban gyűjtött mintákat egy populációnak tekintve végeztem összehasonlításokat. Az összehasonlításokhoz diverzitás indexeket (Shannon-, Simpson-, Berger-Parker- indexek és kiegyenlítettség) számítottam, illetve diverzitási profilokat szerkesztettem a PAST 3.05 szoftver (HAMMER és mtsai 2001) segítségével. A diverzitási profilok szerkesztéséhez 2000-szeres bootstrap-et használtam, 95%-os konfidencia intervallum mellett. Az egyes populációkra jellemző Shannon- és Simpson-indexeket t-tesztek segítségével összehasonlítottam, szintén a PAST szoftver segítségével. Az egyes populációkat a Bray-Curtis index alapján, Neighbourhood Joining módszer segítségével, 10 000-szeres bootstrap-pel klaszteranalízis segítségével is összehasonlítottam.

4.9.4. A termőhelyi tényezők hatása a *Phytophthora* közösségekre

A termőhelyi tényezők hatásának vizsgálatához a meteorológiai adatokat részben a Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar Környezet-és Földtudományi Intézetéből, részben az Országos Meteorológiai Szolgálat Időjárás Napijelentés Kiadványából (web11) szereztem be. A talajvízállás adatokat Sárvár (Sárvár 4159. sz. kút) térségéből a Nyugat-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság, míg a Dél-Hanságra vonatkozóan (Csorna-Acsalag 1025. sz. és Kapuvár 1970 sz. talajvíz kutak) az Észak-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság bocsátotta rendelkezésemre. A vízi csapdázáshoz a pH, vízhőmérséklet és vízmélység adatokat a csapdák begyűjtésekor mértem. A gyűjtött adatok felhasználásával főkomponens analízist (PCA) végeztem az XLStat szoftver segítségével. A korreláció analízist a STATISTICA Ver. 11 szoftver segítségével végeztem el.

4.9.5. A termőhelyi tényezők hatása az állományok egészségi állapot változására

A meteorológiai adatok felhasználásával a vizsgált erdőrészekre, a vizsgálatot megelőző időszakra (Sárvár: 2000-2011; Sopron: 2000-2012, Dél-Hanság: 2000-2012) jellemző Ellenberg- indexeket számítottam ki az alábbi képlet alapján:

$$Ellenberg - index = \frac{júliusi\ középhőmérséklet}{tenyészidőszaki\ csapadékösszeg}$$

Az index alakulására trendvonalat illesztettem a Microsoft Office Excel 2010 programban.

A talajvízszint alakulásának elemzéséhez Sárvár esetében grafikonon ábrázoltam a Nyugat-Dunántúli Vízügyi Igazgatóságtól kapott adatokat, míg a dél-hansági kutak adatait az Észak-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság által rendelkezésemre bocsátott grafikon alapján elemeztem.

4.9.6. Filogenetikai elemzés

A gyakori fajok esetében a kapott szekvenciáit a Clustal X szoftver (THOMPSON és mtsai 1997) segítségével kiegyenlítettem, majd a MEGA 5.2 (TAMURA és mtsai 2011) szoftver segítségével megkerestem a variábilis helyeket. Ezután minden allél esetében egy szekvenciával dolgoztam tovább. A ritkább fajok közül minden hibátlan szekvenciát felhasználtam a későbbi elemzés során.

A törzsfá készítése során a Cooke és mtsai (2000) által közzétett ITS fát és a Blair és mtsai (2008) által készített, jelenleg érvényes törzsfát vettem alapul. Mivel az 1-7 kládok fajai mindkét törzsfá esetében szinte teljesen azonosak voltak, a feltehetően ezen kládokba tartozó izolátumaim esetében megelégedtem az azonosítás során kapott ITS 1 5.8S ITS2 szekvenciák elemzésével. A feltehetően a 8-10. kládok valamelyikébe tartozó izolátumaim esetében elvégeztem a translation elongation factor 1 alpha szakasz (TEF1A) vizsgálatát is.

A hiányzó fajok egy-egy szekvenciáját az NCBI GenBank-ból (web9) töltöttem le, Cooke és mtsai (2000), fajleíró publikációk, valamint Blair és mtsai (2008) publikációja alapján.

Az ITS törzsfák

Az ITS szakasz filogenetikai elemzéséhez a 3. sz. mellékletben található szekvenciákat használtam fel. A szekvenciák elejét és végét a letöltött és a saját szekvenciák esetében is azonos motívum mentén, egységesre vágtam. A szekvencia összerendezés (alignment) elkészítéséhez a Clustal X programot használtam. A MEGA5.02 szoftver segítségével előállítottam a további filogenetikai elemzésekhez szükséges formátumú fájlokat.

A Maximum Parsimony (MP) törzsfá

A MP fá a MEGA 5.02 szoftver segítségével készült. A fá statisztikai elemzéséhez 1000-szeres bootstrap vizsgálatot végeztem. A gap-ek kezelése során, a *use all sites* beállítást alkalmaztam.

A Maximum Likelihood (ML) törzsfá

Az ML fá szintén a MEGA 5.02 szoftver segítségével készült el. Az elemzéshez a megfelelő szubsztitúciós modellt a jModeltest szoftver segítségével, az AIC kritériumrendszer alapján választottam ki. Ennek eredménye alapján, a *General time reversible* modellt alkalmaztam, Gamma eloszlás mellett (a diszkrét gamma kategóriák száma: 5). Ez a modell az általános szubsztitúciós modell, mely három fajta szubsztitúciót, tranzíciókat és két transzverzió osztályt használ (MIKLÓS 2002). A gap-ek kezelésére ez esetben is a *use all sites* opciót alkalmaztam. A törzsfá megbízhatóságát 1000-szeres bootstrap-pel vizsgáltam.

Bayesian Inference (BI) törzsfá

A BI fá szerkesztéséhez a Topali v2.5 (MILNE és mtsai 2008) szoftvert használtam. Az alkalmazott szubsztitúciós modellt ez esetben is a jModeltest 2.1.4 szoftver (DARRIBA és mtsai 2012) segítségével választottam ki, a BIC kritériumok alapján. Az alkalmazott modell szintén a *General time reversible* modell lett, Gamma eloszlás mellett. 5 párhuzamos futtatást végeztem, 2 millió generáción keresztül. A mintavételi sűrűség 1000, míg a burn-in értéke 75% volt.

A TEF1A törzsfák

A TEF1A szakasz filogenetikai elemzéséhez a 4. sz. mellékletben található szekvenciákat használtam fel. A TEF1A gén egy rövid, 551 bp hosszúságú szakaszát használtam az elemzésekhez, a letöltött szekvenciákat megadott motívumok mellett vágtam a saját szekvenciákkal azonos hosszúságúra. A szekvenciák kiegyenlítését a Clustal X programmal végeztem. A MEGA5.02 szoftver segítségével előállítottam a további filogenetikai elemzésekhez szükséges formátumú fájlokat.

A Maximum Parsimony (MP) törzsfa

A MP fa a MEGA 5.02 szoftver segítségével készült. A törzsfa statisztikai elemzéséhez 1000-szeres bootstrap vizsgálatot végeztem. A gap-ek kezelése során, a *partial deletion* beállítást alkalmaztam, 95%-os cut-off értékkel.

A Maximum Likelihood (ML) törzsfa

Az ML fa szintén a MEGA 5.02 szoftver segítségével készült el. Az elemzéshez a megfelelő szubsztitúciós modellt a jModeltest szoftver segítségével, az AIC kritériumrendszer alapján választottam ki. Ennek eredménye alapján, a GTR szubsztitúciós modellt alkalmaztam, G+I eloszlás mellett (a diszkrét gamma kategóriák száma: 5). A gap-ek kezelésére ez esetben is a *partial deletion* opciót alkalmazta, 95%-os cut-off értékkel. A törzsfa megbízhatóságát 1000-szeres bootstrap-pel vizsgáltam.

Bayesian Inference (BI) törzsfa

A BI fa szerkesztéséhez a Topali v2.5 szoftvert használtam. Mivel a Topali programban nincs lehetőség a gap-ek kezelésére alkalmazandó módszert kiválasztani, ehhez az elemzéshez manuálisan vágtam a szekvenciákat azonos méretűre, megadott motívumok mellett. Így a BI fa számításához a TEF1A gén egy 551 bp hosszú szakaszát alkalmaztam. Az alkalmazott szubsztitúciós modellt ez esetben is a jModeltest segítségével választottam ki, a BIC kritériumok alapján. Az alkalmazott modell szintén a GTR modell lett, G+I eloszlás mellett. 5 párhuzamos futtatást végeztem, 1 millió generáción keresztül. A mintavételi sűrűség 1000, míg a burn-in értéke 25% volt.

4.9.7. A genetikai diverzitás becslése

A fajon belüli és fajok közötti genetikai távolságok számítását a MEGA 5.2.2 szoftver segítségével végeztem. Genetikai diverzitás becslésére a fajon belüli genetikai távolságok értéke alapján a *P. cactorum*, *P. plurivora*, *P. gonapodyides*, *P. lacustris*, *P. hydropathica* és *P. polonica* fajok esetében volt lehetőség. Az elemzésekhez szintén a MEGA szoftver 5.2.2, verzióját használtam. Az elemzéseket az ITS1-5.8S-ITS2 szakaszok szekvenciái alapján végeztem el. Csak a teljesen hibátlan szekvenciákat használtam fel a munka során. Mind az öt faj esetében, a rendelkezésre álló szekvenciákat a Clustal X programmal kiegyenlítettem, majd a továbbiakban a MEGA-ban elemeztem. A variábilis helyek alapján, alléleket kerestem a fajokon belül. Ezután a “*within group average distance*” és a “*between group average distance*” mutatókat számoltam ki minden esetben, Kimura 2 paraméter és uniform rates eloszlás mellett. A számítás során a gap-ek kezelésére a “*partial deletion*” opciót választottam, 95%-os cut-off értékkel. A számítások megbízhatóságának ellenőrzésére 50-szeres bootstrap-et alkalmaztam. Az ITS szakaszra vonatkozóan, a parszimonikus informatív szájtokat is

megkerestem, illetve az egyes fajokra jellemző bázis összetételt is kiszámítottam a MEGA szoftver segítségével.

A fajon belüli és fajok közötti genetikai távolságok becslését a *P. sp. hungarica*, *P. pseudosyringae*, *P. polonica* és két *Phytophthora sp.* esetében a TEF1A gén egy 551 bp hosszúságú szakasza alapján is elvégeztem. A használt beállítások azonosak voltak az ITS szekvenciáknál leírtakkal.

4.9.8. A patogenitás-vizsgálatok és a védekezési lehetőségek vizsgálatának statisztikai értékelése

A patogenitás-vizsgálatok eredményeinek értékelése során, a normáleloszlás vizsgálata a Shapiro-Wilks módszer szerint történt, mivel 20000-nél alacsonyabb mintaelemszám esetén ez a módszer ad pontosabb eredményt. A szórás homogenitás vizsgálata a Levene-próbával történt, az adatsorok mediánja alapján. Amennyiben egy változó esetében a normáleloszlás és a szórás homogenitás feltétele is teljesült, és az adatsor folyamatos volt, a kezelési csoportok közötti szignifikáns eltéréseket egyváltozós ANOVA vizsgálattal kerestem, míg a csoportok páronkénti összehasonlítását t-próbával végeztem. Ha a paraméteres próbák valamely feltétele nem teljesült az adott változó esetében, a kezelési csoportok közti eltérések vizsgálata a Kruskal-Wallis nem paraméteres ANOVA segítségével, a csoportok páronkénti összehasonlítása pedig a Mann-Whitney U-teszttel történt. A tesztek során $\alpha=0,05$ -ös szignifikancia szintet alkalmaztam.

A madárcseresznye csemeték esetében két tényező, talaj és kórokozó hatását vizsgáltam, az egyes tényezők hatásának vizsgálatát külön-külön is elvégeztem. A normáleloszlást mutató gyökérszár hosszúsága adatsor esetében faktoriális ANOVA alkalmazásával, míg a többi adatsor esetében a Kruskal-Wallis nem paraméteres ANOVA segítségével, a tényezőket külön-külön független tényezőként beállítva, vizsgáltam.

A védekezési lehetőségek vizsgálatát célzó mesterséges fertőzési kísérlet eredményeinek kiértékelését a patogenitás vizsgálat során alkalmazott módszerekkel végeztem. A mikorrhiza hatását az összes csemete bevonásával, nem parametrikus korreláció-vizsgálattal (Spearman rangkorreláció) is elvégeztem a mért biometria paraméterekre és a tapasztalt tulajdonságokra.

5. Eredmények

5.1. Az erdőállományokban előforduló *Phytophthora* fajok és jelentőségük az állományok egészségi állapotának változásában

5.1.1. Mézgás éger mintaterület

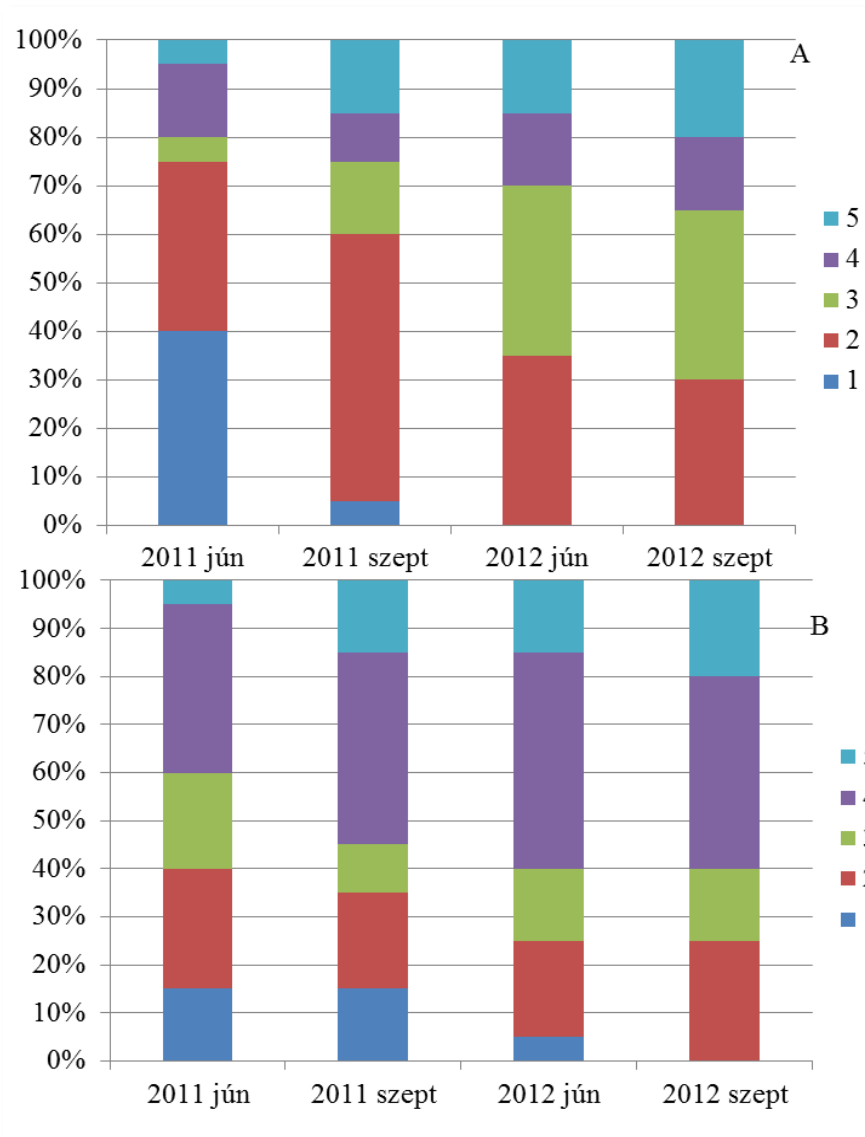
Tapasztalt tünetek

A kijelölt mintaterületen a másodlagos koronatünetek voltak a leginkább szembevetűnek. Ezek magukban foglalták a korona kiritkulását a levelek normálisnál kisebb mérete, egyes koronarészek, ágak elhalása miatt; a csúcscsáradást, alkalmanként a levelek klorózisát. A törzs alsó részén a korábbi, *P. alni* okozta fertőzés nyomaként szinte minden faegyed esetében rákos sebeket, kalluszosodást lehetett látni. Alkalmanként száraz, sötét színű foltok is megjelentek a törzsön. Mindösszesen három alkalommal észleltem kéregelváltozást és friss folyást a törzsön. Mindhárom alkalommal egy-egy fa esetében jelentkeztek a betegségre jellemző friss gyökfő-tünetek.

Egészségi állapot változás

A tapasztalt gyökfő tünetek alapján, a fák egészségi állapota (5.1 B. ábra) nem változott szignifikánsan a felvételezések ideje alatt.

Ezzel szemben, a koronatünetek alapján a fák egészségi állapota (5.1 A. ábra) szignifikánsan ($p=0,0053$) romlott a Kruskal-Wallis teszt eredménye szerint a felvételezések során. A 2011. júniusi és a 2012. júniusi állapot ($p=0,006145$) és a 2011. júniusi és 2012. szeptemberi állapot ($p=0,002915$) térnek el egymástól szignifikáns mértékben a Mann-Whitney U teszt páronkénti összehasonlítása alapján. A változások szembevetűnek a tünetmentes fák számának csökkenése (2011. június: 8; 2012-ben 0) és az elpusztult fák számának növekedése (2011. június: 1; 2012. szeptember: 4) fényében.



5.1. ábra: Egészségi állapot változás a mézgás éger mintaterületen. A.: Egészségi állapot a koronatiünetek alapján. B.: Egészségi állapot a gyökfötiünetek alapján

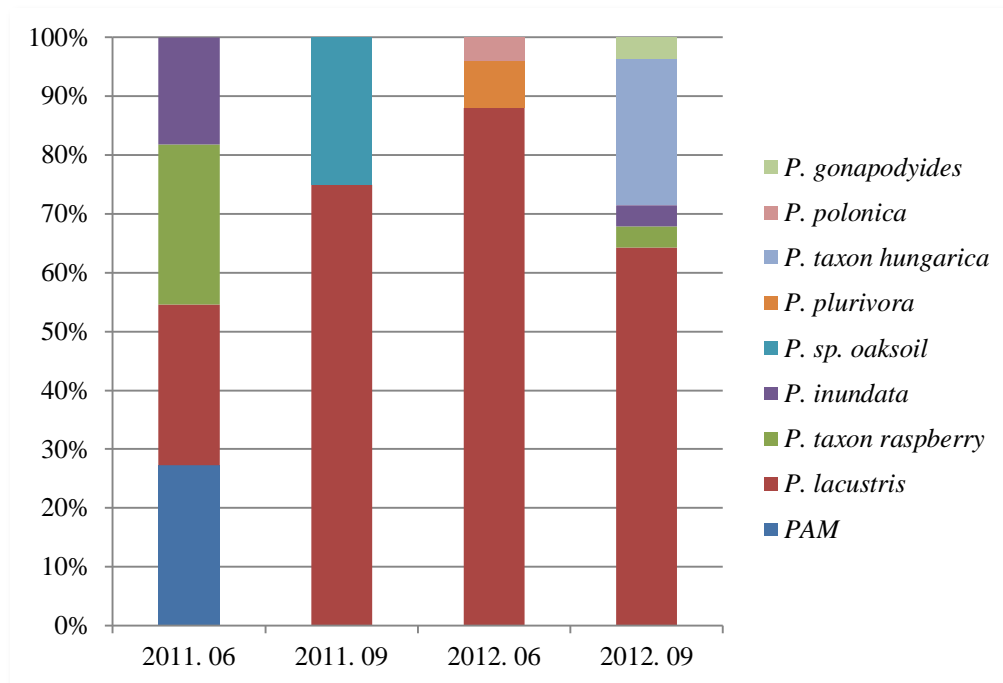
Az egyes mintavételek során azonosított *Phytophthora* fajok

Az izolálás a 2012. évben sikeresebbnek bizonyult. Míg 2011 júniusában 17, szeptemberében pedig 7 *Phytophthora* izolátumot sikerült gyűjteni, addig 2012 júniusában és szeptemberében is 31-31 *Phytophthora* izolátum került elő a talajmintákból.

A 5.2 ábra az egyes mintavételezések során tapasztalt fajösszetételt mutatja. Mindösszesen kilenc *Phytophthora* taxont izoláltam a két éves felmérés során. Ezek: *P. alni ssp. multiformis*, *P. lacustris*, *P. taxon Raspberry*, *P. inundata*, *P. plurivora*, *P. polonica* Belbahri, E. Moralejo, Calmin & Oszako, *Phytophthora sp. Oaksoil*, *Phytophthora sp. hungarica* és *P. gonapodyides*. A legtöbb faj 2011 júniusában került elő a területről. Négy különböző faj, *P. alni ssp. multiformis*, *P. lacustris*, *P. taxon raspberry*, és *P. inundata* inokulum volt csapdázással detektálható mennyiségben jelen a talajban akkor. Ezek közül csak a *P. lacustris* került elő a későbbiekben is, minden mintavételkor. *P. taxon raspberry*-t és *P. inundata*-t két alkalommal, 2011 júniusában és

2012 szeptemberében sikerült kitenyészteni, az összes többi faj csak egy-egy alkalommal volt detektálható mennyiségben jelen a talajban.

Kis gyakorisága ellenére, az éger fajokkal szemben nagyon agresszív *P. alni ssp. multiformis* jelenléte a fák gyökérszónájának talajában, fontos. Ez a faj a legelső mintavétel idején (2011. június) került elő a területről, a későbbiekben nem tudtuk újra izolálni.



5.2. ábra: Az egyes mintavételek során gyűjtött *Phytophthora* fajok

A mintaterület melletti csatorna vizéből egy alkalommal, 2012 júniusában sikerült *P. lacustris* jelenlétét kimutatni. A többi csapdázás idején nem sikerült a csatorna vizéből *Phytophthora*-t izolálni.

Szezonális változások

Az egyes mintavételi időpontokban gyűjtött fajlisták összehasonlítása alapján, a fajkészletben nem jelennek meg szezonális változások a területen.

A legváltozatosabb fajközösséget fajszám alapján 2012 szeptemberében találtam a területen (öt faj). Ettől kis mértékben különbözött a 2011. júniusi mintavétel (négy faj), mely időpontban azonban jelentősen kevesebb izolátumot tudtam gyűjteni. A legtöbb diverzitásindex (Shannon-, Simpson-, Fisher-Parker- index és egyenletesség) alapján ezzel szemben a 2011. júniusi mintavétel a legdiverzebb (5.1. táblázat). A diverzitási indexek alakulása, és a Shannon-, illetve Simpson-indexek páronkénti összehasonlítása (5.2. A és 5.2. B táblázat) alapján, szezonális változások nem észlelhetők a *Phytophthora* fajközösség változatosságában sem.

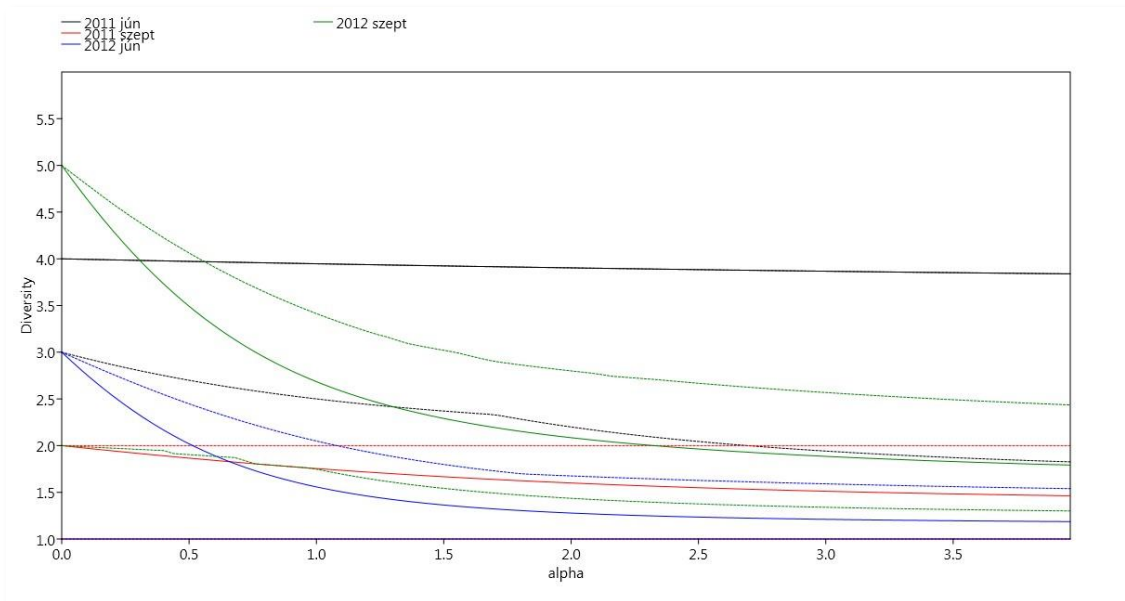
5.1. táblázat: Diverzitás indexek az egyes mintavételekkor, a mézgás éger mintaterületen

	2011.06	2011.09	2012.06	2012.09
Fajszám	4	2	3	5
Egyedszám	11	8	25	28
Shannon	0,7438	0,375	0,2176	0,5204
Simpson	1,373	0,5623	0,4433	0,9876
Egyenletesség	0,9904	0,8113	0,4035	0,6136
Fisher-alpha	2,261	0,8559	0,8901	1,772
Berger-Parker	0,2727	0,75	0,88	0,6429

5.2. táblázat: Az eltérő mintavételi időpontokra jellemző Simpson és Shannon indexek összehasonlítása. (Piros: szignifikáns eltérés a mintavételek között.)

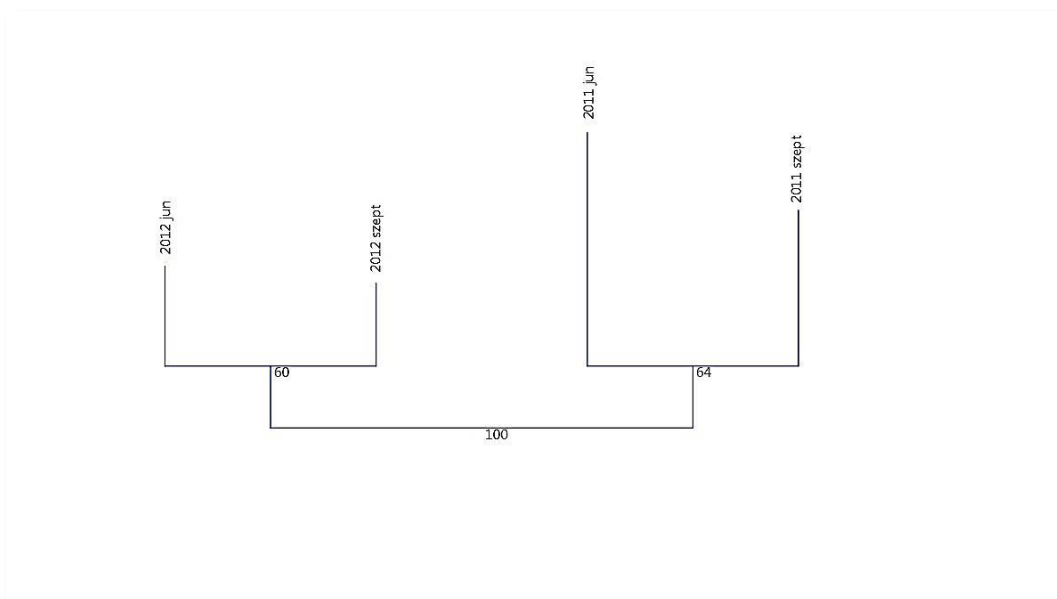
	A. Simpson-index			B. Shannon-index			
	2011.06	2011.09	2012.06	2011.06	2011.09	2012.06	
2011.06				2011.06			
2011.09	0,066865			2011.09	0,00287		
2012.06	0,0001366	0,44223		2012.06	0,00011	0,65102	
2012.09	0,044814	0,45868	0,032781	2012.09	0,08162	0,11627	0,03484

A Rényi-féle diverzitásrendezés alapján szintén a 2011. júniusi és a 2012. szeptemberi mintavétel volt a legdiverzebb. A két populáció görbéje metszi egymást, amiből arra következtethetünk, hogy nincs köztük szignifikáns eltérés (5.3. ábra). A diverzitásprofil alapján, a változatosabb *Phytophthora* közösséggel jellemezhető 2011. júniusi és 2012. szeptemberi, valamint a *P. lacustris* dominanciájával jellemezhető 2011. szeptemberi és 2012. júniusi mintavételek alkotnak két eltérő csoportot. A konfidencia intervallumok átfedése miatt azonban ezek a csoportok sem térnek el egymástól szignifikáns mértékben. Szezonális eltéréseket ez az elemzés sem mutatott ki.



5.3. ábra: Diverzitás-profilok a mézgás éger mintaterületre

A klaszteranalízis eredménye a 5.4. ábrán látható. Ez alapján szezonális eltérésekről nem beszélhetünk, azonban a Bray-Curtis index alapján nagy valószínűséggel elkülönül egymástól a 2011 és a 2012 év.



5.4. ábra: Klaszteranalízis a mézgás éger mintaterületen történt mintavételek összehasonlítására

5.1.2. Feketedió mintaterületek

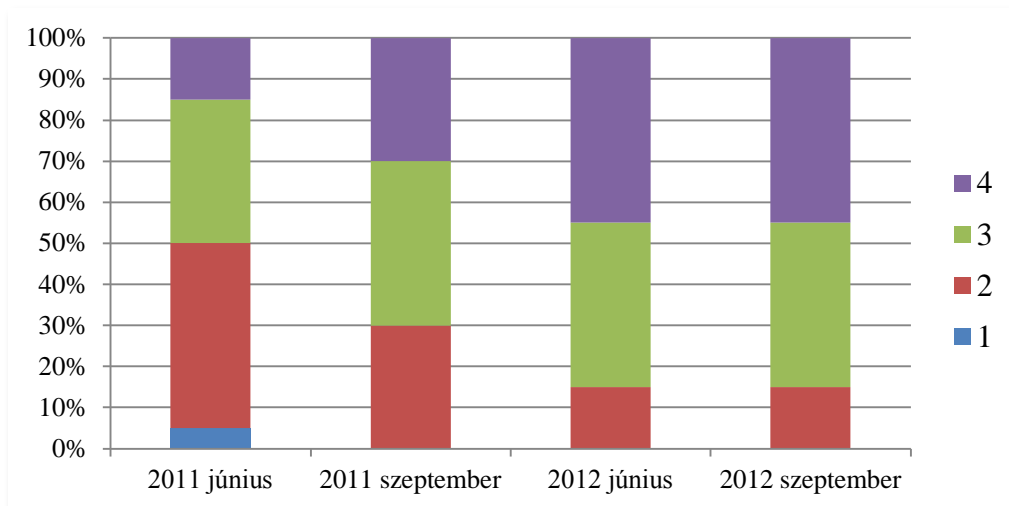
Dél-Hanság

Tapasztalt tünetek

Egyértelműen *Phytophthora* fertőzésre utaló kéreg sebeket az állományban nem találtam. A mintaterületen belül a legszembetűnőbbek a koronatünetek voltak. Ezek magukban foglalják az ágelhalást, a normálnál kisebb méretű levelek miatti korona kiritkulást, alkalmanként a levelek klorózisát. Az ágelhalás több fa esetében féloldalas korona kialakulásához vezetett. Elpusztult faegyedet nem találtam a mintaterületen belül.

Egészségi állapot változás

A mintaterület fájainak egészségi állapota (5.5 ábra) a kísérlet ideje alatt szignifikánsan romlott a Kruskal-Wallis teszt eredménye alapján ($p=0,023$). Tünetmentes fát csak a legelső felméréskor találtam (1 fa). A 2. egészségi állapot kategóriába tartozó, kismértékű korona kiritkulást mutató egyedek száma a 2011 júniusában tapasztalt 9 egyedről 2012 szeptemberére 3 egyedre csökkent. Emellett a közepes súlyosságú (30-50% koronapusztulás), és a súlyos pusztulást mutató (50% feletti koronapusztulás) faegyedek száma folyamatosan nőtt (előbbieké 7-ről 8-ra, utóbbiaké 3-ról 9-re). A Mann-Whitney teszt páronkénti összehasonlítása alapján a 2011. júniusi és a 2012. júniusi egészségi állapot-felvételezések eredményei térnek el egymástól szignifikánsan ($p=0,009$), tehát a felmérés első évében romlott, míg második évében stagnált a fák egészségi állapota.

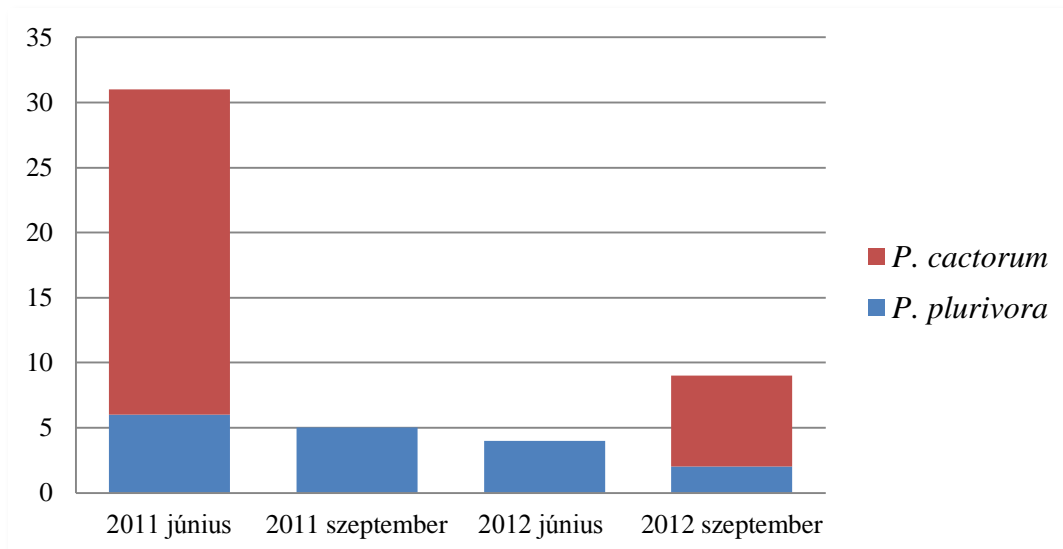


5.5. ábra: A feketedió mintaterület fájainak egészségi állapot változása (2011 június-2012 szeptember)

Az egyes mintavételek során azonosított *Phytophthora* fajok

Az izolálás sikeressége 2011 júniusában volt a legnagyobb. Ekkor a gyűjtött minták 75%-ból lehetett *Phytophthora* fajt izolálni. 2011 szeptemberében és 2012 júniusában volt a legalacsonyabb az izolálás sikeressége, mindössze a gyűjtött minták 20-20%-ból sikerült *Phytophthora* fajt kitenyészteni ebben a két időszakban. 2012

szeptemberében ismét kissé magasabb volt az izolálás sikeressége, a gyűjtött talajminták 40%-ból lehetett *Phytophthora* fajokat kitenyészteni. Két fajt sikerült azonosítani a területről: *P. cactorum*-ot és *P. plurivora*-t. A *P. plurivora* minden mintavételkor jelen volt a talajban, míg *P. cactorum* csak 2011 júniusában és 2012 szeptemberében volt csapdázással detektálható mennyiségben jelen a fák gyökérszónájának talajában (5.6 ábra).



5.6. ábra: A feketedió mintaterületről azonosított *Phytophthora* fajok

A mintaterület melletti öntözőcsatorna vizéből 2011 szeptemberében és 2012 szeptemberében volt kimutatható *Phytophthora* fajok jelenléte. Mindkét alkalommal egy *P. hydropathica* és egy *P. gallica* törzset izoláltam. A Rábca vizéből a négy csapdázás során nem sikerült *Phytophthora* fajt kitenyészteni.

Szezonális változások

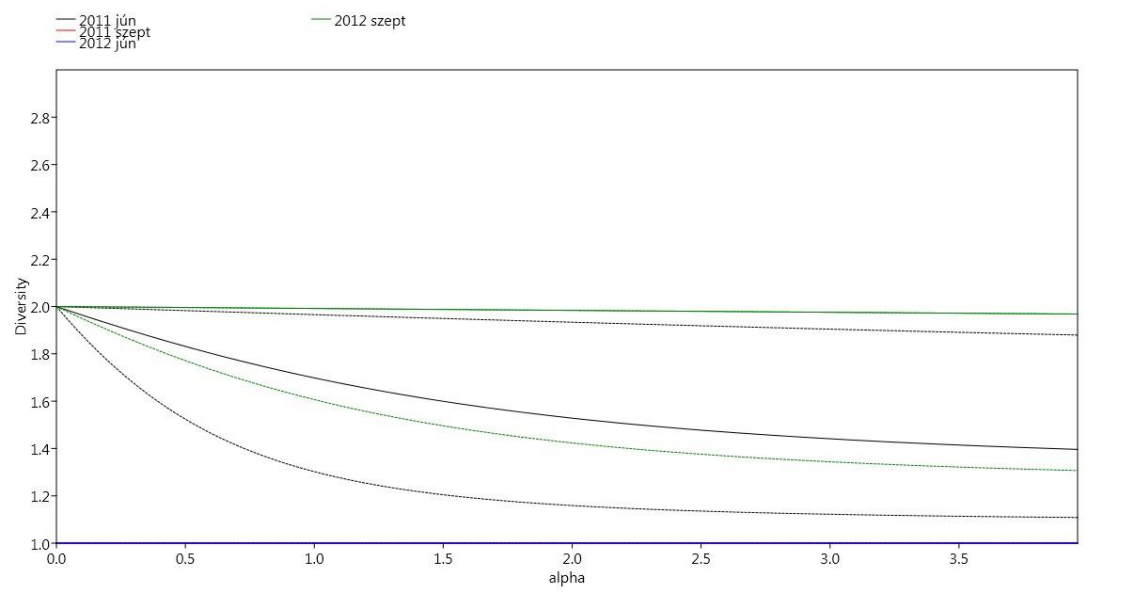
Az egyes mintavételi időpontokban gyűjtött fajlisták összehasonlítása alapján, itt sem jelentek meg a fajkészletben szezonális változások.

A legváltozatosabb fajközösséget fajsza alapján 2011 júniusában és 2012 szeptemberében találtam a területen (két-két faj). A legtöbb diverzitásindex (Shannon-, Simpson-, Fisher-Parker- index és egyenletesség) alapján a 2012. szeptemberi mintavétel a legdiverzebb (5.3. táblázat). A diverzitási indexek alakulása alapján, szezonális változások nem feltételezhetők a *Phytophthora* fajközösség változatosságában sem.

5.3. táblázat: A feketedió mintaterületen eltérő időpontokban tapasztalt *Phytophthora* közösségekre számított diverzitás indexek

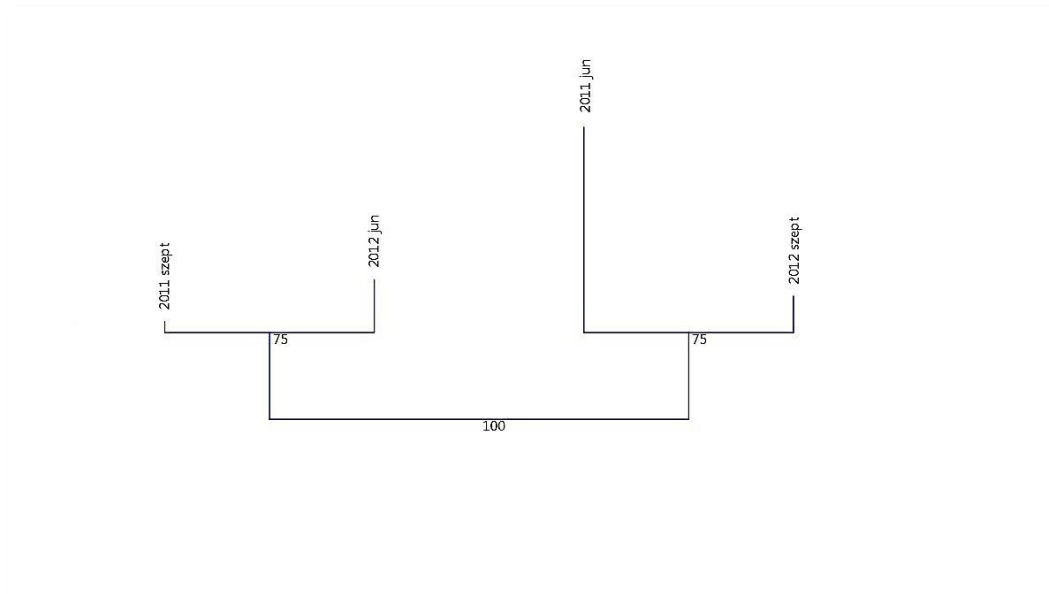
	2011 jún.	2011 szept.	2012 jún.	2012 szept.
Fajszám	2	1	1	2
Egyedszám	27	5	4	11
Simpson	0,3457	0	0	0,4959
Shannon	0,5297	0	0	0,689
Egyenletesség	0,7642	n.é	n.é	0,994
Fisher-alpha	0,4988	0,3759	0,4279	0,7153
Berger-Parker	0,7778	1	1	0,5455

A Rényi-féle diverzitásrendezés alapján szintén a 2011. júniusi és a 2012. szeptemberi mintavétel volt a legdiverzebb. A két populáció görbéjének konfidencia intervalluma átfed, amiből arra következtethetünk, hogy nincs köztük szignifikáns eltérés (5.7. ábra). A diverzitásprofil alapján, a változatosabb *Phytophthora* közösséggel jellemezhető 2011. júniusi és 2012. szeptemberi, és a *P. lacustris* dominanciájával jellemezhető 2011. szeptemberi és 2012. júniusi mintavételek alkotnak két, egymástól szignifikánsan eltérő csoportot. Szezonális eltéréseket ez az elemzés sem mutatott ki.



5.7: Diverzitás profilok a feketedió mintaterületre

A klaszteranalízis eredménye a 5.8. ábrán látható. A Bray-Curtis-index alapján rajzolt filogram alátámasztja a diverzitás indexek és a diverzitásprofil alapján sejtetteket. Az ábrán két csoport különül el nagy statisztikai valószínűséggel, az egyik a 2011. júniusi és 2012. szeptemberi, diverz mintavételeket tartalmazza, míg a másik a 2011. szeptemberi és 2012. júniusi, *P. plurivora* egyedüli jelenlétével jellemezhető mintavételeket. Szezonális változások tehát a feketediós mintaterület esetében sem mutathatók ki sem az izolálható *Phytophthora* fajkészletben, sem a populációk diverzitásában.



5.8. ábra: Klaszteranalízis a feketedió mintaterületen történt mintavételek összehasonlítására

Sárvár

Tapasztalt tünetek

Egyértelműen *Phytophthora* fertőzésre utaló kéreg sebeket ebben az állományban sem találtam. A legszembetűnőbbek a koronatünetek voltak. Ezek magukban foglalják az ágelhalást, a normálnál kisebb méretű levelek miatti korona kiritkulást, alkalmanként a levelek klorózisát. Az erdőállomány körülbelül 50%-án jelentkeztek közepesen súlyos vagy súlyos koronatünetek 2011 júniusában. Az érintett erdőrészekben elpusztult faegyedet nem találtunk. Az állományban gyakori fehér faegőngy (*Viscum album L.*) feltehetően hozzájárult a súlyos pusztuláshoz.

Az állomány egészséges állapota tükröző módon kiválasztott, 10 faegyed egészségi állapota az alábbiak szerint alakult, a koronatünetek értékelése alapján. Négy faegyed (40%) esetében a korona több mint 50%-a már elpusztult, a megmaradt koronában pedig nagyobb csoportokban fordultak elő a normálnál kisebb méretű, sárgás levelek. két faegyed (20%) esetében a korona 20-50%-a elpusztult, a megmaradt koronában sárgás levélcsoportok fordultak elő. három faegyed (30%) koronája kis mértékben (kevesebb, mint 20%) halt el, csúcshaladás, vagy egy-egy nagyobb ág elhalása volt tapasztalható ezeknél a fáknál. A tíz mintázott fa közül egy volt tünetmentes.

A területről azonosított fajok

Minden faegyed gyökérszónájából sikerült *Phytophthora* faj(ok) jelenlétét kimutatni (5.9. táblázat). Az izolálás során a gyűjtött talajmintákból összesen húsz izolátumot gyűjtöttem. A gyűjtött izolátumok közül két *Pythium sp.*, két *Phytophthora polonica*, egy *Phytophthora cactorum* és 15 *Phytophthora plurivora* fajnak bizonyult az azonosítás során.

5.4. táblázat: A sárvári feketedió állomány állapota 2011 júniusában és az állományból izolált *Phytophthora* fajok

Azonosító	Erdőrészlet	Fafaj	Kor	Egészségi állapot	Gyökérszónából izolált fajok
S1	Sárvár 5L	Feketedió	59 év	4	<i>P. plurivora</i> ; <i>Pythium sp.</i>
S2	Sárvár 5L	Feketedió	59 év	4	<i>P. plurivora</i> , <i>P. polonica</i>
S3	Sárvár 5L	Feketedió	59 év	4	<i>P. cactorum</i> , <i>P. plurivora</i>
S4	Sárvár 5L	Feketedió	59 év	3	<i>P. plurivora</i> (2)
S5	Sárvár 5L	Feketedió	59 év	2	<i>P. plurivora</i> , <i>P. polonica</i>
S6	Sárvár 5L	Feketedió	59 év	1	<i>P. plurivora</i> (2)
S7	Sárvár 5L	Feketedió	59 év	2	<i>P. plurivora</i> (2)
S8	Sárvár 5L	Feketedió	59 év	2	<i>P. plurivora</i> (2)
S9	Sárvár 5L	Feketedió	59 év	3	<i>P. plurivora</i> (2)
S10	Sárvár 5L	Feketedió	59 év	4	<i>P. plurivora</i> (2)

5.1.3. Madárcseresznye fák pusztulása Sárváron

Tapasztalt tünetek

A Sárvár 19G erdő részletben a szórt elegyben előforduló, 12 éves madárcseresznye fák hirtelen pusztulása következett be 2011 nyár végén. A fák tövében mézgafolyással kísért rákos sebek jelentek meg. A koronában a még élő fák esetében hajtáselhalás volt tapasztalható. A terepi bejárás során kb. 50%-os mortalitást tapasztaltunk. Az elpusztult fák mellett, előfordultak tünetmentes fák (kb. 10%), és a jellegzetes tüneteket mutató, de még élő faegyedek is.

Az izolálás során a gyűjtött gyökérminták közül az egyik elpusztult fa esetében sikerült *Phytophthora* faj jelenlétét kimutatni. Öt talajmintából sikerült *Phytophthora* faj jelenlétét kimutatni.

A területről azonosított fajok

A gyűjtött izolátumok azonosítása során, két *Phytophthora* faj jelenlétét tudtam kimutatni a területről. Három izolátumot *P. plurivora*-ként, ötöt pedig *P. polonica*-ként azonosítottam (5.5. táblázat).

5.5. táblázat: A Sárvár 19G erdőrészletben található madárcseresznye fák állapota 2012 márciusában és az állományból azonosított Phytophthora fajok

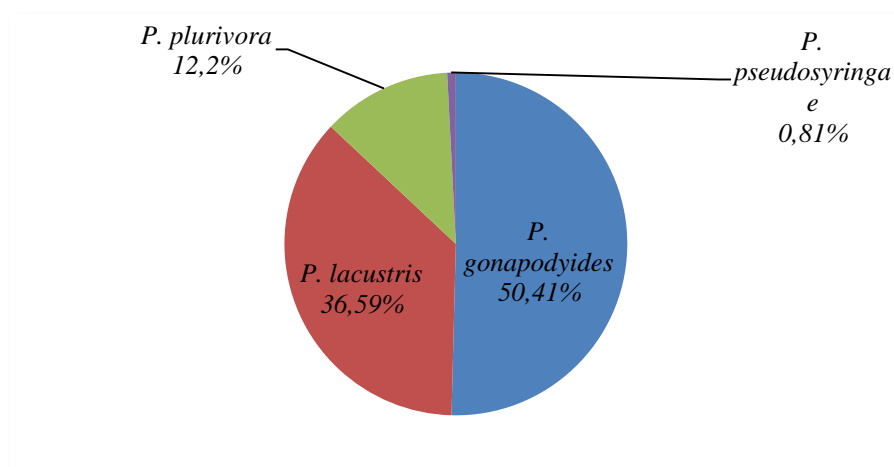
A	Fafaj	Erdőrészlet	Tapasztalt tünet	Minta	Azonosított fajok
1	madárcseresznye	Sárvár 19G	Kéregleválás, rák a gyökfőn	talajminta	<i>P. plurivora</i> , <i>P. polonica</i>
2	madárcseresznye	Sárvár 19G	Kéregleválás, rák a gyökfőn	talajminta	-
3	madárcseresznye	Sárvár 19G	Kéregleválás, rák a gyökfőn	talajminta gyökérminta	<i>P. polonica</i> <i>P. polonica</i>
4	madárcseresznye	Sárvár 19G	elpusztult, kidőlt	talajminta gyökérminta	<i>P. polonica</i> -
5	madárcseresznye	Sárvár 19G	Kéregleválás, rák a gyökfőn, még él	talajminta gyökérminta	<i>P. polonica</i> -
6	madárcseresznye	Sárvár 19G	tünetmentes	talajminta	<i>P. plurivora</i> , <i>P. citricola</i>

A mintaterület határát képező Rába-holtág vizéből a csapdázás segítségével *P. lacustris* fajt izoláltam és azonosítottam.

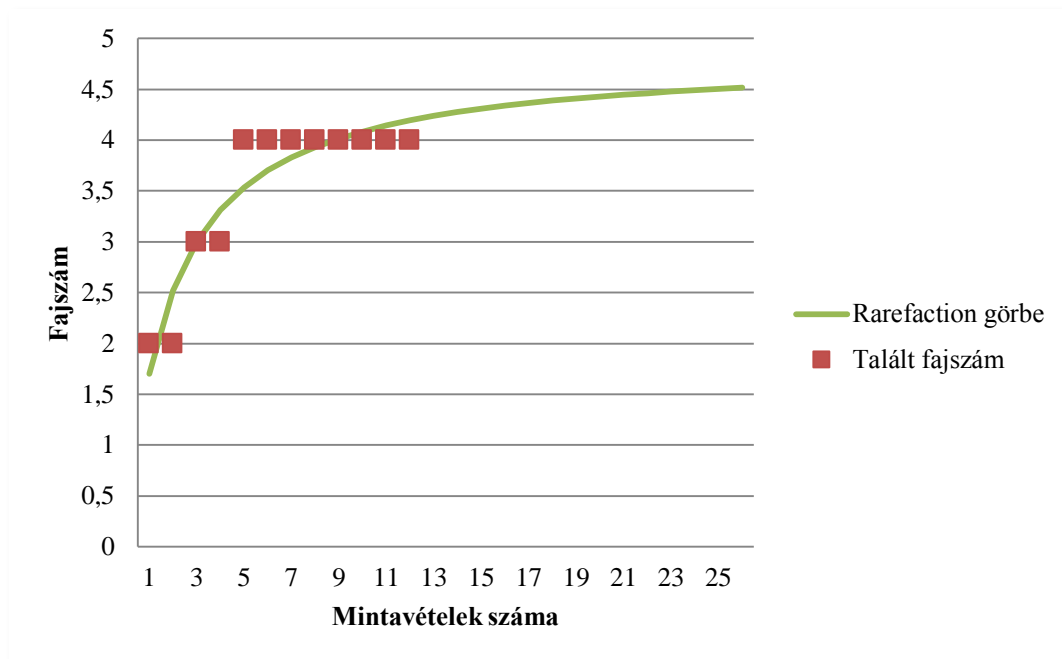
5.1.4. *Phytophthora* fajok a Soproni-hegységben

Tapasztalt tünetek és azonosított fajok

A Soproni-hegység monitorozott területein a felmérés két éve alatt *Phytophthora* fajok jelenlétére utaló fapusztulást nem tapasztaltam. A mintavételi pontok térségében álló fák egészségesek, tünetmentesek voltak a felmérés két éve alatt. A mintavételezés két éve alatt a patakokból csapdázással összesen 142 izolátumot gyűjtöttem, ezek közül 12 az azonosítás előtt elpusztult, a fennmaradók közül 7 *Pythium* faj, 123 pedig *Phytophthora* faj. Az azonosított *Phytophthora* fajokat és a gyűjteményben %-os megoszlásukat mutatja a 5.11. ábra. A mintavételek száma a hegyvidéken ez időben jelenlévő fajok feltárására feltehetően elegendő volt a fajtelítődési görbe (5.12. ábra) alapján. A Michaelis-Menten egyenlet alapján extrapolálva a rarefaction adatokat, további két év hasonló monitoring tevékenységével is csak 4,5 fajt találtunk volna.

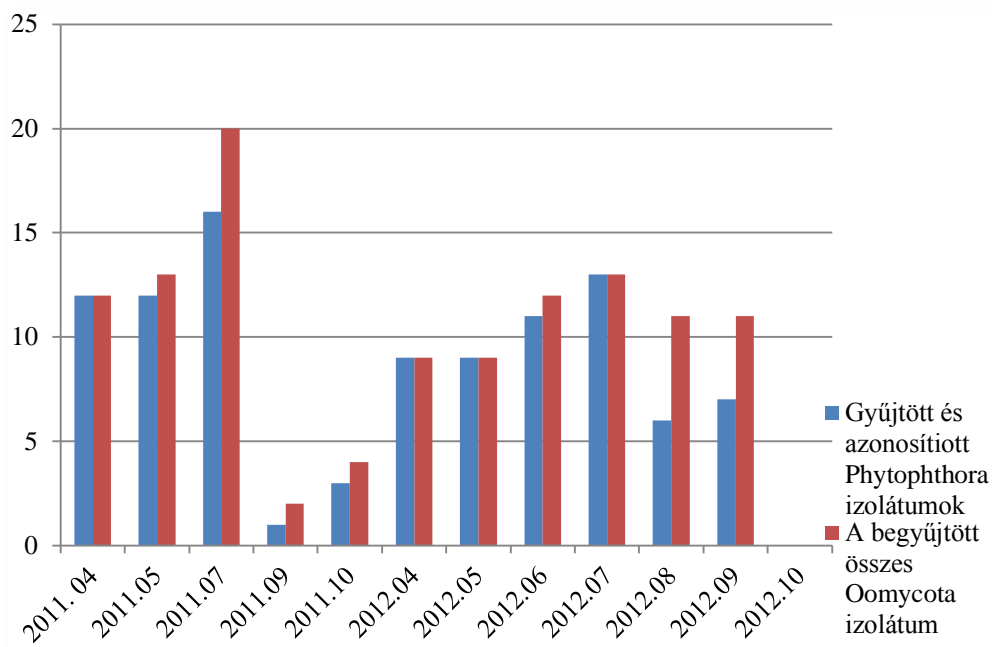


5.9. ábra: *Phytophthora* fajok a Soproni-hegyvidéken



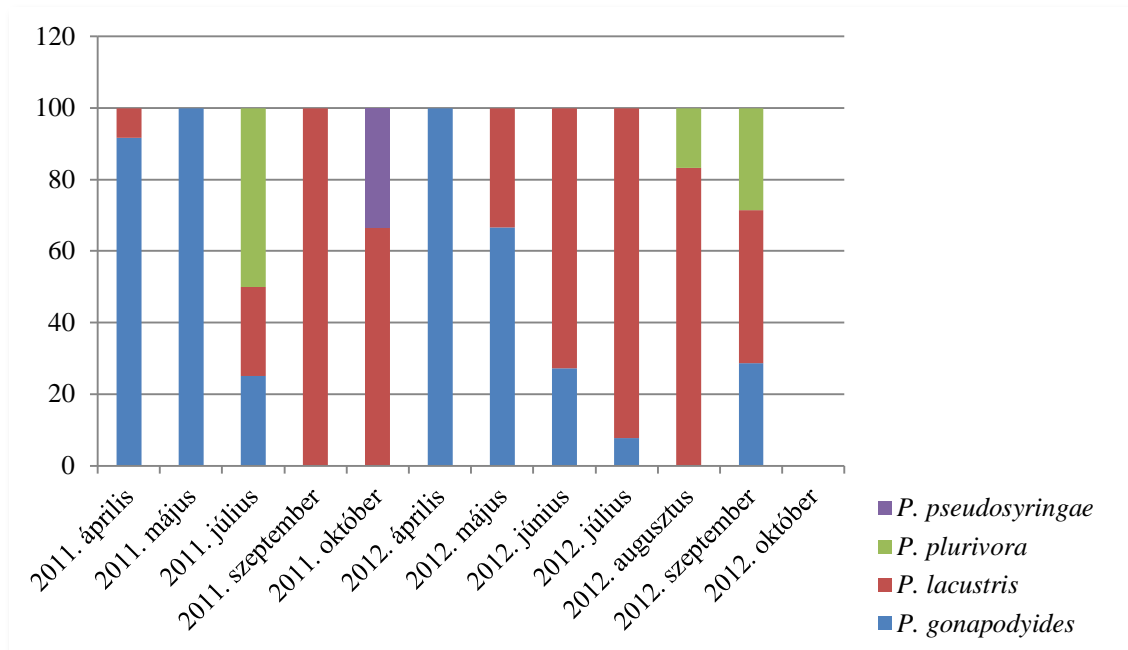
5.10. ábra: Fajtelítődési görbe a csapdázás eredményeiből

Az izolálás sikeressége az 5.13. ábrán látható módon alakult. Általában elmondható, hogy a tavaszi és a nyári csapdázások sikeresebbnek bizonyultak, mint az őszi. Mind a későbbiekben *Phytophthora sp.*-ként azonosított, mind az *Oomycota* törzsbe tartozó, begyűjtött izolátumok tekintetében, a monitoring mindkét évében egy nyári csúcs rajzolódik ki a gyűjtés sikeressége tekintetében.



5.11. ábra: Az izolálás sikeressége a Soproni-hegyvidéken a csapdázás két éve alatt

Az egyes mintavételek során tapasztalt fajösszetétel számításához az azonosítás előtt elpusztult, vagy azonosítás során nem *Phytophthora* fajnak bizonyuló izolátumokat nem vettem figyelembe. Az egyes fajok mintavételenkénti százalékos arányát mutatja az 5.14. ábra.



5.12. ábra: Az azonosított fajok mintavételenkénti megoszlása

Szezonális változások

A mintaterületre vonatkozóan, az egyes időszakokban talált fajkészletek alapján feltételezhető eltérés a tavaszi és a nyári-őszi időszak között. Megállapítható, hogy az őszi időszak fajgazdagabb. Míg a *P. gonapodyides* elsősorban a tavaszi-kora nyári mintákban fordul elő, és azokban tömeges, a nyári-őszi mintavételek alkalmával a *P. lacustris* és a *P. plurivora* fordulnak döntően elő, ezek mellett alkalmanként *P. gonapodyides* izolálható, egy alkalommal pedig *P. pseudosyringae* fordult elő.

A mintavételi területre jellemző diverzitás indexek a 5.6. táblázatban látható módon alakultak az egyes mintavételezésekkor. A legdiverzebbnek a ritkább fajok hatására érzékeny Shannon-index szerint a 2011. júliusi bizonyult, míg a többi diverzitási index értéke alapján a 2012. szeptemberi minta volt a legdiverzebb (5.6. táblázat). A legkevésbé diverz populációk 2011 májusában, 2011 szeptemberében és 2012 áprilisában voltak megtalálhatók.

5.6. táblázat: A Soproni-hegységben eltérő mintavételi időpontokban talált *Phytophthora* közösségekre számított diverzitás indexek

	2011.04	2011.05	2011.07	2011.09	2011.10	2012.04	2012.05	2012.06	2012.07	2012.08	2012.09	2012.10
Fajszám	2	1	3	1	2	1	2	2	2	2	3	0
Egyedszám	12	12	16	1	3	9	9	11	13	6	7	0
Shannon index	0,2868	0	1,04	0	0,6365	0	0,6365	0,586	0,2712	0,4506	0,1079	-
Simpson index	0,1528	0	0,625	0	0,4444	0	0,4444	0,3967	0,142	0,2778	0,6531	-
Egyenletesség	0,4138	-	0,9464	-	0,9183	-	0,9183	0,8454	0,3912	0,65	0,9821	-
Fisher alpha	0,6853	0,2593	1,09	0	2,622	0,2878	0,7972	0,7153	0,6601	1,051	1,989	-
Berger-Parker	0,9167	1	0,5	1	0,6667	1	0,6667	0,7273	0,9231	0,8333	0,4286	-

A Shannon-index esetében, az egyes mintavételek között tapasztalt szignifikáns eltéréseket tartalmazza a 5.7. Táblázat.

5.7: Az egyes mintavételek között tapasztalt közösségek Shannon-indexeinek páronkénti összehasonlítása

	2011-04	2011-05	2011-07	2011-10	2012-04	2012-05	2012-06	2012-07	2012-08
2011-04									
2011-05	0,17744								
2011-07	0,003682	4,0021E-08							
2011-10	0,37208	0,12556	0,28003						
2012-04	0,17744	-	4,0021E-08	0,12556					
2012-05	0,1625	0,0010596	0,029411	1	0,00106				
2012-06	0,24103	0,0020929	0,020437	0,88674	0,002093	0,80182			
2012-07	0,95542	0,18032	0,0021439	0,34835	0,18032	0,133	0,20461		
2012-08	0,63203	0,14839	0,078667	0,14839	?	0,55487	0,67076	0,59934	
2012-09	0,006209	0,00028491	0,84251	0,25509	0,000285	0,05309	0,037975	0,00435	0,075158

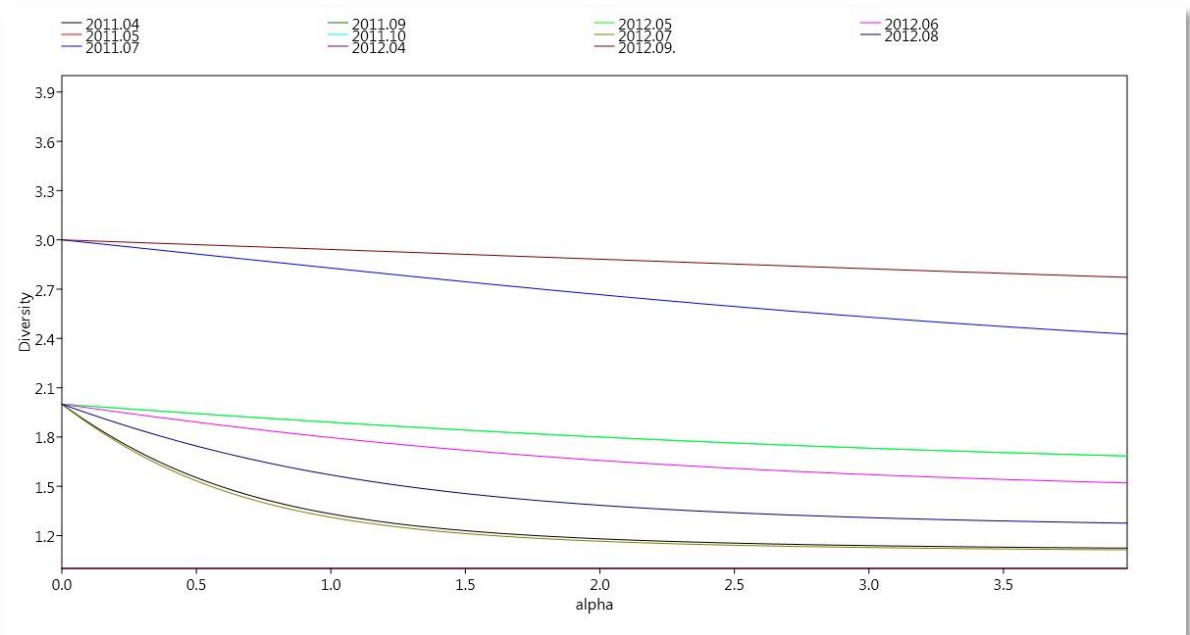
A Simpson-érték csoportok közötti szignifikáns eltéréseit tartalmazza az 5.8. Táblázat.

5.8. táblázat: Az egyes mintavételekkor talált *Phytophthora* közösségek Simpson indexeinek páronkénti összehasonlítása

	2011-04	2011-05	2011-07	2011-10	2012-04	2012-05	2012-06	2012-07	2012-08
2011-04									
2011-05	0,2775								
2011-07	0,00622	3,1545E-07							
2011-10	0,43977	0,25222	0,61146						
2012-04	0,2775	n.é.	3,1545E-07	0,25222					
2012-05	0,13145	0,0071146	0,24269	1	0,007115				
2012-06	0,21018	0,0126	0,15276	0,8953	0,0126	0,79897			
2012-07	0,95387	0,28045	0,003681	0,42204	0,28045	0,10745	0,17811		
2012-08	0,63203	0,24421	0,16846	0,24421	?	0,52066	0,64796	0,5978	
2012-09	0,01074	0,00074236	0,84083	0,56818	0,000742	0,24313	0,16226	0,007372	0,15727

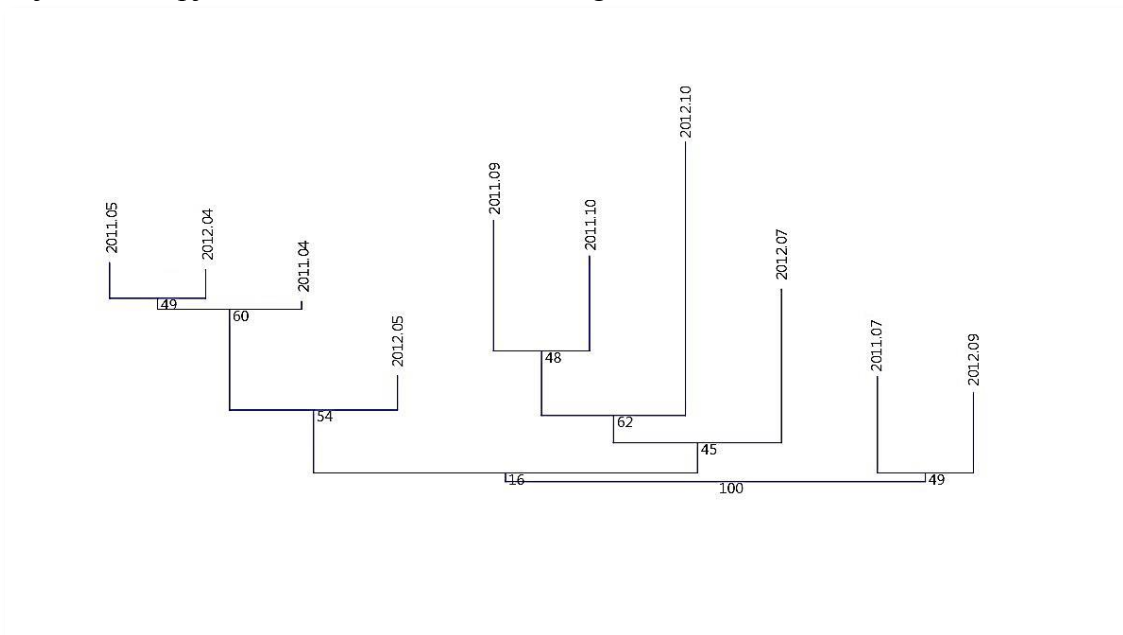
A két érték szignifikáns eltérései alapján szezonális változások nem állapíthatók meg, ezek a feltételezést nem támasztják alá kellő mértékben.

A Rényi-féle diverzitás rendezés (5.15. ábra) alapján, szintén a 2012 szeptemberi mintavétel bizonyult a legdiverzebbnek, melyet a 2011 júliusi mintavétel követ.



5.13. ábra: Rényi-féle diverzitásrendezés a Soproni-hegyvidékre

A klaszteranalízis eredménye (5.16. ábra) alapján, külön csoportot alkot a két, magas diverzitási indexekkel jellemezhető mintavétel (2011. július és 2012. szeptember), míg a többi mintavétel esetében két, statisztikailag gyengén támogatott csoport különíthető el: egy tavaszi és egy nyári-őszi csoport. Ez az elemzés megerősíti a fajkészlet alapján látható szezonális különbségeket.



5.14. ábra. Klaszteranalízis a Soproni-hegységben történt mintavételek összehasonlítására

5.2. Termőhelyi tényezők szerepe a *Phytophthora*-közösségek alakulásában

5.2.1. Dél-Hanság

A környezeti tényezők hatásának elemzéséhez tizenegy, részben meteorológiai, részben hidrológiai változót választottam. A főkomponensek előállításával három olyan változó (sajátérték>1,0) jött létre, melyek a teljes variancia 95,513%-át magyarázzák. A főkomponens súlyok alapján elmondható, hogy mindkettő döntően meteorológiai paramétereket tartalmaz (5.9. táblázat). F1 esetében a legjelentősebb környezeti tényezők a havi minimum hőmérséklet és a hőség- és forró napok száma, és az előző havi csapadékmennyiség; míg F2 esetében a mintavételt megelőző megelőző havi és az adott havi csapadékösszeg jelenik meg. F3 pedig legnagyobb súllyal a havi és megelőző havi talajvízszint adatokat mutatja.

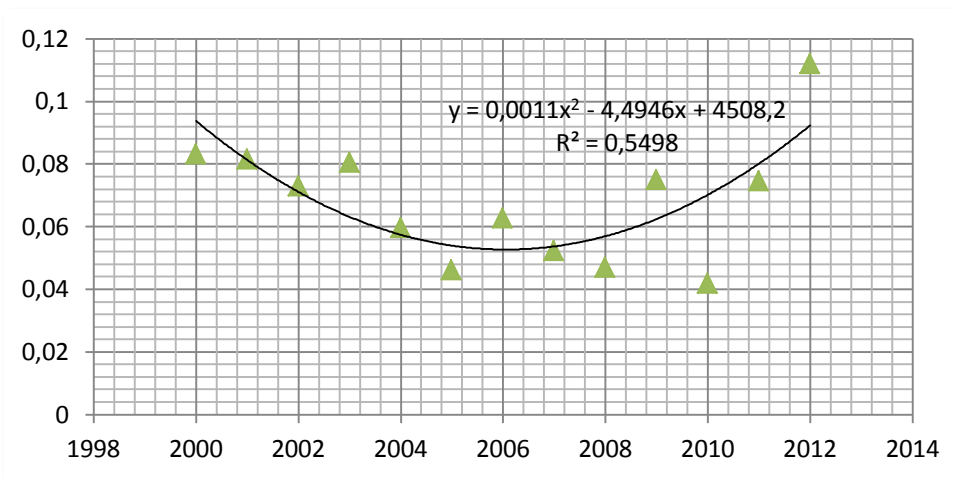
5.9. táblázat: A főkomponens analízis során előállított 1. és 2. főkomponens

Környezeti paraméterek	F1	F2	F3
Havi átlaghőmérséklet	0,631	0,695	-0,201
Havi min. hőmérséklet	0,994	0,073	-0,080
Havi max. Hőmérséklet	-0,782	0,558	-0,078
Előző havi átlaghőmérséklet	0,705	-0,687	0,174
Havi csapadékmennyiség	-0,125	0,843	-0,073
Előző havi csapadékmennyiség	0,584	-0,803	0,090
fagyos és téli napok	0,860	-0,483	0,045
hőség- és forró napok	-0,901	-0,392	0,146
Talajvízszint	0,342	0,207	0,915
előző havi talajvízszint	0,339	0,197	0,918
Sajátérték	4,763	3,122	2,621
A variancia %-ában	43,301	28,382	23,829
Kumulatív %	43,301	71,683	95,513

A Spearman-féle rangkorreláció alapján F1 szignifikáns mértékben ($p=0,356348$) korrelál a *Phytophthora* fajok jelenlétével vagy hiányával; F2 szintén szignifikáns mértékben ($p=-0,370230$) korrelál a fajok előfordulásával. F3 szintén szignifikáns mértékben, korrelál a fajok jelenlétével ($p=-0,192925$; 21. sz. Melléklet).

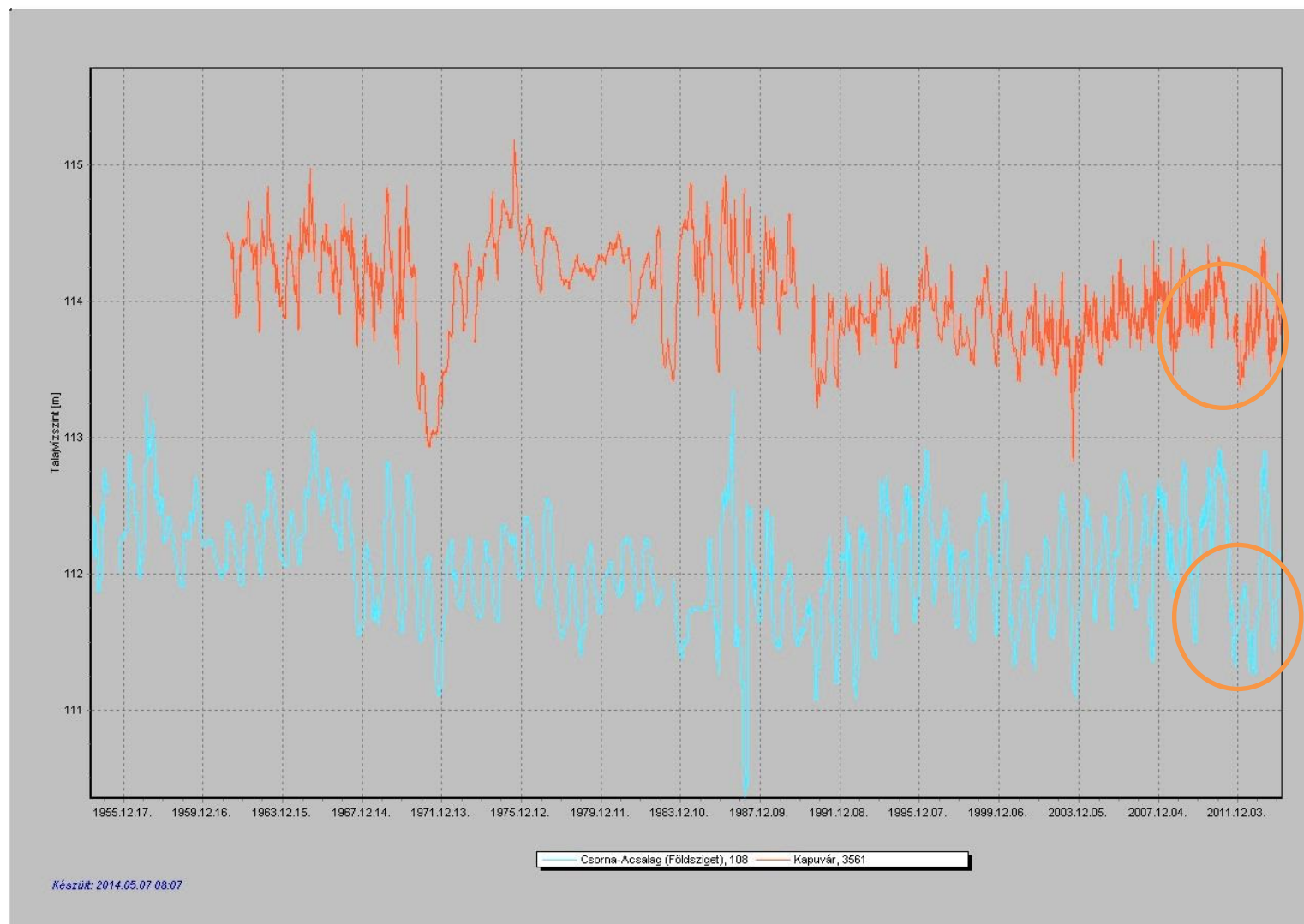
A termőhelyi tényezők hatása a kórokozó-gazdanövény kapcsolatra

A módosított Ellenberg-index értékeinek alakulása alapján (5.15. ábra), a klimatikus feltételek a Dél-Hanságban a 2000-2005 közötti időszakban javultak, majd ismét romlásnak indultak. A vizsgált 12 év alatt, a 2012. évre számított érték bizonyult a legrosszabbnak.



5.15. ábra. A módosított Ellenberg-index értékeinek alakulása a Dél-Hanságban (2000-2012)

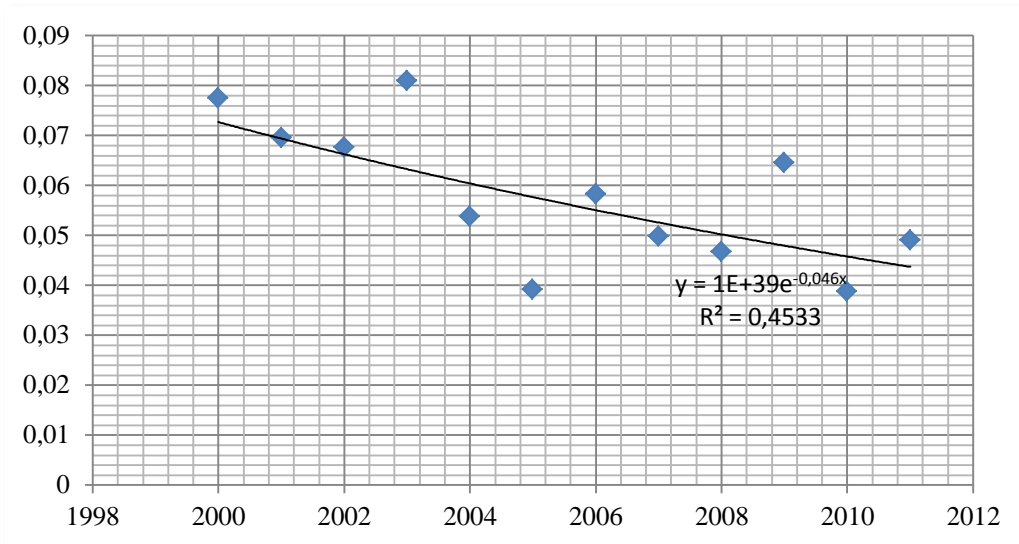
A talajvízszint adatok alakulása (5.16. ábra) alapján elmondható, hogy a talajvízszint az 1960-2013 közötti időszakban lassan, de fokozatosan csökkent. Kiemelendő, hogy egy magas talajvízállású év (2010) után 2011-ben erősen csökkent a talajvízszint, és 2012-ben az év első felében tapasztalható talajvízállás maximum is alacsonyabb volt, mint a megelőző évek októberében tapasztalható legalacsonyabb talajvíz-állás.



5.16. ábra: A talajvízállás alakulása a Dél-Hanságban. Kék: Csorna-Acsalag, Piros: Kapuvár-Földsziget (1960-2013). Forrás: Észak-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság

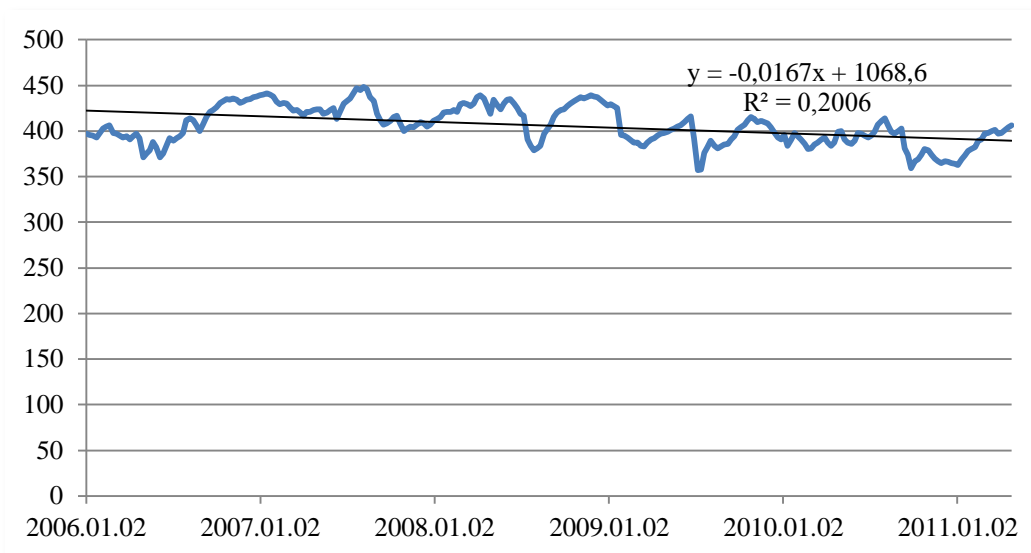
5.2.2. Sárvár

Az Ellenberg- index alakulása (5.17 ábra) alapján, a klimatikus feltételek romlása nem mutatható ki Sárvár térségében a 2000-2011 közötti időszakban.



5.17. ábra: A módosított Ellenberg-index értékeinek alakulása Sárvár térségében (2000-2012)

A talajvízszint adatok alapján elmondható, hogy a rendelkezésre álló hat év alatt a talajvízszint lassan, de fokozatosan csökkent Sárvár térségében (5.18. ábra).



5.18. ábra: A talajvízszint változásai Sárvár térségében (2006-2011).

A klimatikus viszonyok az Ellenberg-index alapján nem romlottak Sárvár térségben, ugyanakkor a talajvízszint fokozatos csökkenése mutatható ki a pusztulásokat megelőző öt évben, amely a vízigényes feketedió faj esetében vezethetett az állomány legyengüléséhez.

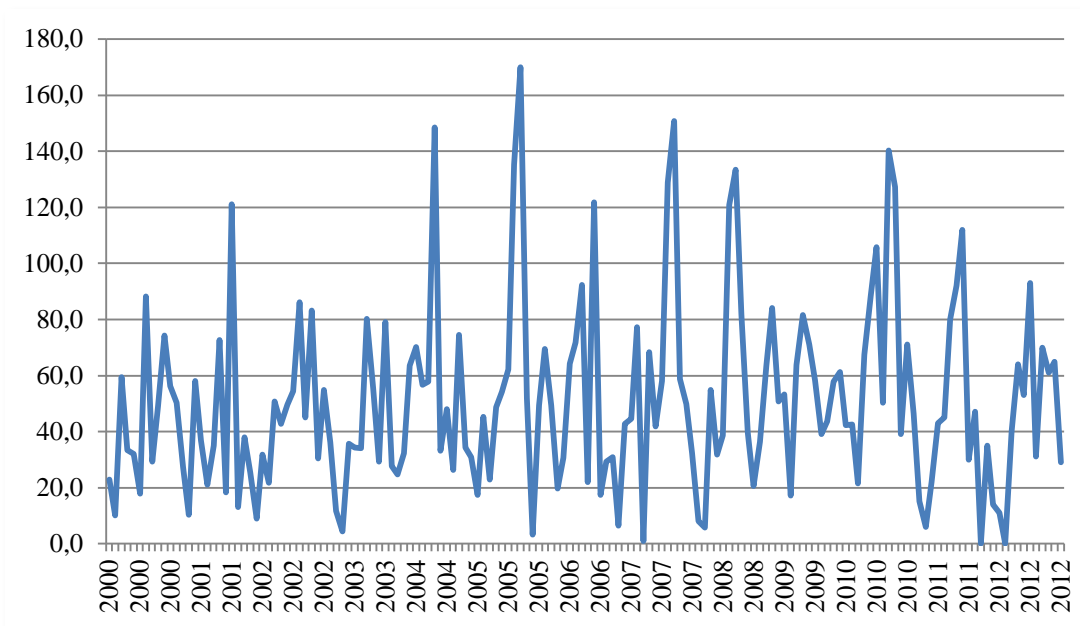
A madárcseresznye fák esetében, az állomány talajának jellemzőit az alábbi táblázat tartalmazza (5.10. Táblázat).

5.10: Talajparaméterek a Sárvár 19G erdőrészlet térségében

Sárvár	
Textúra (% Homok, vályog, agyag)	61, 24, 15
pH (0.02 M CaCl₂)	5.06
Ca (mg kg⁻¹)	3819.39
Mg (mg kg⁻¹)	604.76
K (mg kg⁻¹)	269.37
Na (mg kg⁻¹)	<5.20
Mn (mg kg⁻¹)	67.81
Fe (mg kg⁻¹)	2.75
Zn (mg kg⁻¹)	1.27
Al (mg kg⁻¹)	3.52
CEC (mmol_c/kg)	125.13
Bázis-telítettség (%)	98.80

A madárcseresznye ökológiai igényeit figyelembe véve, a homok-homokos vályog talaj a holtág közelsége miatt jelentkező időszakos vízhatással társulva, vezethetett a fák egészségi állapotának gyengüléséhez.

A térségben 2010 augusztusában extrém mennyiségű csapadék hullott (5.19. ábra), melyet 2011 júliusában is nagy csapadékmennyiség követett. A meleg idő és a nagy mennyiségű csapadék kedvezhetett a *Phytophthora* fajok elszaporodásának. Megnövekedett jelenlétüket és az okozott gyökérgusztulást a legyengült fák feltehetően nehezebben tudták tolerálni (JÖNSSON 2006).



5.19. ábra: Havi csapadékmennyiség Sárvár térségében (2000-2012)

5.2.3. Soproni-hegység

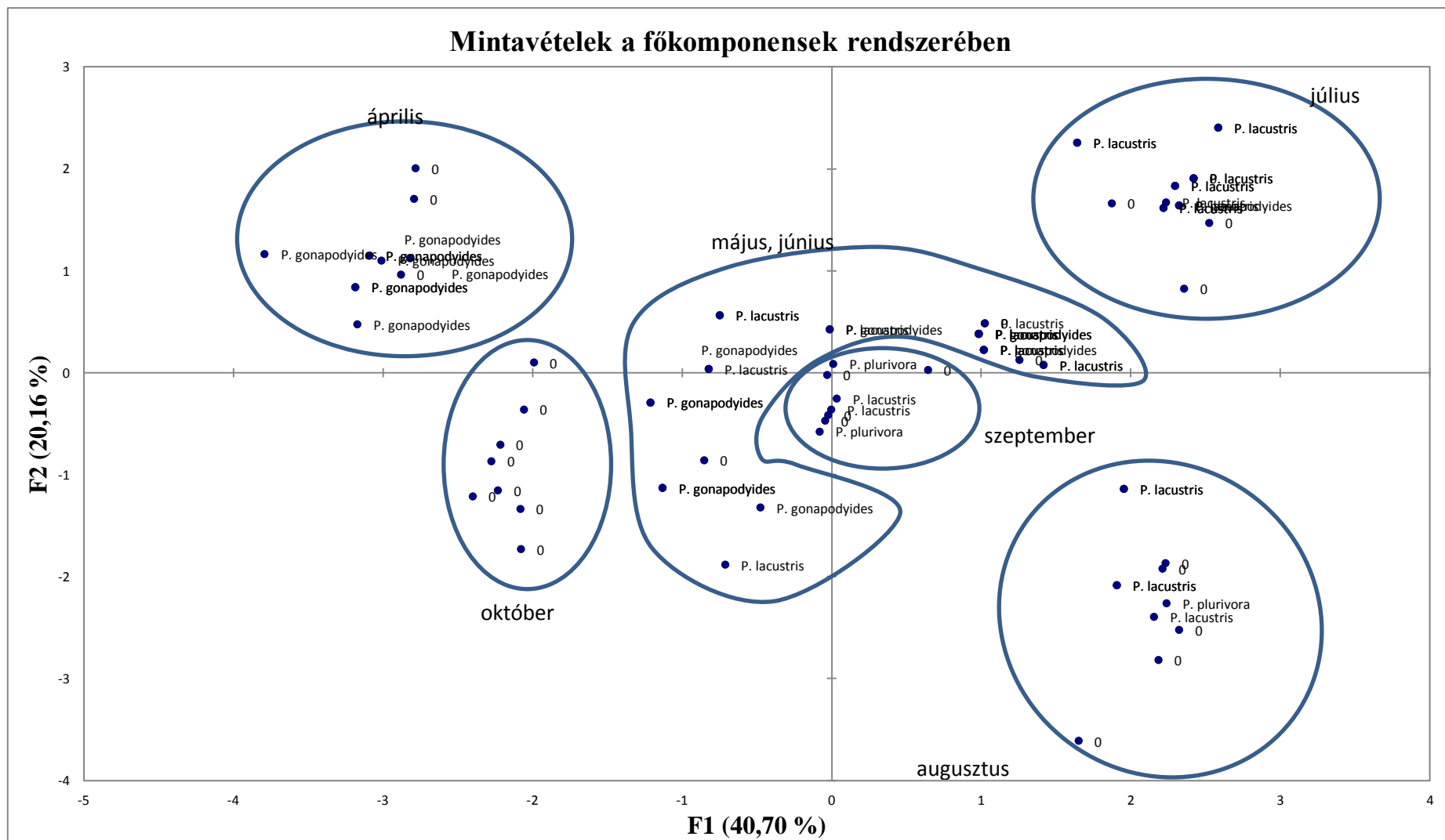
A környezeti tényezők hatásának elemzéséhez kilenc, részben meteorológiai, részben a vízminőséget jellemző változót választottam. A főkomponensek előállításával három olyan változó (sajátérték>1,0), melyek a teljes variancia 75,578%-át magyarázzák. A főkomponens súlyok alapján elmondható, hogy létrejött egy döntően

hőmérsékleti értékeket tartalmazó (F1), egy, a csapadékösszegek mellett a pH-t tartalmazó (F2), és egy, a vízmélységet tartalmazó (F3) főkomponens (5.11. táblázat).

5.11. táblázat: A főkomponens analízis során előállított 1. és 2. főkomponens

Környezeti paraméterek	F1	F2	F3
Havi átlaghőmérséklet	0,950	0,015	-0,235
Havi min. hőmérséklet	0,962	0,083	0,056
Havi max. Hőmérséklet	0,477	0,409	-0,686
Előző havi átlaghőmérséklet	0,787	-0,137	0,233
Havi csapadékmennyiség	0,447	0,675	0,242
Előző havi csapadékmennyiség	0,549	-0,623	0,310
pH	0,034	0,743	0,054
vízmélység	0,173	0,338	0,750
vízhőmérséklet	0,674	0,334	-0,144
Sajátérték	3,663	1,814	1,325
A variancia %-ában	40,696	20,160	14,723
Kumulatív %	40,696	60,856	75,578

A Spearman-féle rangkorreláció alapján F1 szignifikáns mértékben ($p=0,336580$) korrelál a fajok jelenlétével vagy hiányával. A korreláció negatív *P. gonapodyides* és a fajok hiánya esetében, pozitív *P. lacustris* és *P. plurivora* esetében. Bár a tapasztalataim szerint az izolálás sikerességét az adott hónap csapadékviszonyai döntően befolyásolták, F2 nem korrelál szignifikáns mértékben az egyes fajok előfordulásával ($p=0,184208$). F3 szintén nem korrelál szignifikáns mértékben a fajok jelenlétével ($-0,126750$). meglepő módon a korreláció negatív előjelű. A főkomponens kis magyarázóereje miatt azonban ez az összefüggés meglehetősen bizonytalan. A mintavételek F1 és F2, valamint F1 és F3 rendszerekben jól elkülöníthetők, F2 és F3 rendszerében a kis magyarázóerő miatt nem. Az 5.20. ábra a legnagyobb magyarázóerejű főkomponensek rendszerében mutatja a mintavételeket. A kisebb magyarázóerejű kombinációk a 22. Mellékletben találhatóak.



5.20. ábra: A 2012. évben, a Soproni-hegységben kivitelezett mintavételek során gyűjtött izolátumok F1 és F2 főkomponensek rendszerében.

5.3. Az azonosított fajok jellemzése

5.3.1. Morfológiai jellemzés

Az egyes fajokra jellemző képletek mikroszkópi képeiből válogatás a 5. sz. mellékletben található.

Phytophthora alni

A tenyészetek sugárnövekedésének üteme 3,75, illetve 2,75 mm/nap volt. Sima telepet fejlesztettek, kevés légmicéliummal. Egy hét után az agar felszínén kevés oogónium és anterídium keletkezése volt megfigyelhető. Az oogóniumok gömbölydedek voltak, sima vagy bibircses fallal (161/1), illetve bibircses fallal (161/2). Oogóniumként maximum egy, amfigin anterídium keletkezett. Az anterídium kétejtéses, hosszúkás alakú volt. Oospórák nem keletkeztek. Sporangiumok sem az agar felszínén, sem szűrt, nem steril talajoldatban nem keletkeztek. Klamidospórák, hifadudorok szintén nem voltak észlelhetők.

Phytophthora cactorum

A tenyészetek sugárnövekedésének üteme 5,05 és 8,88 mm/nap között változott, átlagosan 6,98 mm/nap volt. A telepjelleg sima, lenyomott. Homotallikus faj, az agar felszínén hét napos kultúrák esetében sima falú, gömbölyű oogóniumokat és ellipitikus, paragin, egy sejttű anterídiumokat észleltem. Egy izolátum (171/1) esetében nem észleltem sem oogóniumok, sem anterídiumok képződését. Két izolátum (172/1, 175/1) kivételével gömbölyű oospórák is képződtek. Az oospórák falvastagsága 1,6-3,2 µm között változott, minden esetben. Szűrt, nem steril talajoldatban a tenyészetek 5-6 nap után sporangiumokat képeztek. A sporangiumok a tenyészeteken belül egységesek voltak, tojásdad vagy kerek, néhány esetben elliptikus sporangiumok fejlődtek. Minden esetben feltűnően papillásak voltak. A sporangiumok rövid pedicellummal leválnak az egyszerű, nem elágazó sporangiumtartóról. A 175/1 izolátum kivételével, minden esetben vékony falú kerek klamidospórák is keletkeztek. Hifadudorok, hifatágulatok egy tenyészet esetében sem voltak észlelhetők. Az egyes képletek méreteit és az izolátumok részletes jellemzését a 7. sz. melléklet tartalmazza.

Phytophthora gallica

A tenyészet növekedési üteme 2,27 mm/nap volt. Rozettás telepet fejlesztett, kevés légmicéliummal. A telep határa éles volt. Oogóniumok, anterídiumok és oospórák képződését sem az agar felszínén, sem talajoldatban nem sikerült megfigyelni. Szűrt, nem steril talajoldatban, a tenyészetben 7 nap után egy elliptikus, nem papillás sporangiumot észleltem. A sporangium a nem elágazó tartón maradt. Kerek klamidospórák is keletkeztek. Hifadudorok, hifatágulatok azonban nem voltak észlelhetők. Az egyes képletek méreteit és az izolátum részletes jellemzését a 6. sz. melléklet tartalmazza.

Phytophthora gonapodyides

A tenyészetek növekedési üteme 1,75 és 4,5 mm/nap között változott, átlagosan 3,46 mm/nap volt. A telepjelleg változatos volt, a leggyakoribb rozettás telepjelleg mellett előfordult csillagszerű (213/1 és 220a) és szíromszerű (217/1) telep is. Többnyire dús, bolyhos légmicéliumot képeztek, de előfordultak kevés légmicéliummal rendelkező izolátumok (182/20, 213/1, 220a) is. A 131/1 izolátum kivételével, nem volt jellemző az éles telephatár. Steril faj, ivaros képletek egy esetben sem alakultak ki. Agaron sporangiumképzésre sem voltak képesek az izolátumok. Szűrt, nem steril

talajoldatban azonban 7 nap után tojásdad vagy hosszúkás-tojásdad, esetleg elliptikus sporangiumok képződtek. A sporangiumok a tenyészeteken belül egységesek voltak. Csúcsukon papilla nem volt megfigyelhető. A sporangiumok az egyszerű, nem elágazó sporangiumtartón maradtak. A 131/1 és a 182/2 izolátumok esetében sporangium képzés sem volt megfigyelhető. Belső proliferáció volt jellemző. Klamidospórák nem keletkeztek. Egy izolátum (123/1) szabálytalan alakú hifatágulatokat képzett. Az egyes képletek méreteit és az izolátumok részletes jellemzését a 8. sz. melléklet tartalmazza.

Phytophthora taxon raspberry

A vizsgált tenyészetek sugárnövekedési üteme 4,54, illetve 4,69 mm/nap volt. A csillagszerű, kevés légmicéliummal rendelkező telepek határa éles volt. Oogónium, anteridium vagy oospóra nem fejlődött ki. Szűrt, nem steril talajoldatban azonban 7 nap után tojásdad, nem papillás sporangiumok képződtek. A sporangiumok a tenyészeteken belül egységesek voltak. Az egyszerű, nem elágazó sporangiumtartóról nem váltak le a sporangiumok. Belső proliferáció volt jellemző, minden esetben. A sporangiumok tág pórussal nyíltak. Klamidospórák nem keletkeztek. Csoportokban, koralloid, illetve apró, kerek hifatágulatok és hifadudorok azonban megfigyelhetők voltak. Az egyes képletek méreteit és az izolátumok részletes jellemzését a 6. sz. melléklet tartalmazza.

Phytophthora hydropathica

Az izolátumot, többszöri próbálkozás ellenére, nem tudtam sárgarépás táptalajon kitenyészteni.

Phytophthora sp. hungarica

A tenyészetek növekedési üteme 4,00 és 5,50 mm/nap között változott, átlagosan 4,66 mm/nap volt. Homotallikus faj, agaron minden izolátum képezett sima vagy kissé bibircses, vékony falú, kerek oogóniumokat. Néhány izolátum (277/2, 294a, 291a) esetében sikerült kisméretű, elliptikus, paragin antheridiumok képződését is megfigyelni. A 291a izolátum kivételével, minden vizsgálatba vont izolátumnál megfigyelhető volt vékony falú, aploeritikus vagy plerotikus oospórák képződése is. Az ivaros képletek jellemző méreteit a 9. sz. melléklet tartalmazza. Szűrt, nem steril talajoldatban azonban 7-14 nap után egyedül a 291a izolátum esetében tojásdad sporangiumok képződését észleltem. A többi izolátum esetében nem volt észlelhető sporangium képzés. A sporangiumok a tenyészeteken belül egységesek voltak. Csúcsuk nem papillás, esetenként szemipapillás volt. A sporangiumok az egyszerű, nem elágazó sporangiumtartón maradtak. Belső proliferáció volt jellemző. Klamidospórák, hifatágulatok nem keletkeztek. A sporangiumok jellemző méreteit és részletes jellemzését a 9. sz. melléklet tartalmazza.

Phytophthora inundata

A tenyészet növekedési üteme 5,18 mm/nap volt. Rozettás, bolyhos telepet fejlesztett, éles telephatárral. Oogóniumok, anteridiumok és oospórák képződését sem az agar felszínén, sem talajoldatban nem sikerült megfigyelni. Szűrt, nem steril talajoldatban, a tenyészetben 7 nap után egy elliptikus, nem papillás sporangiumot észleltem. A sporangium a nem elágazó tartón maradt. Klamidospórák, hifadudorok, hifatágulatok azonban nem voltak észlelhetők. Az egyes képletek méreteit és az izolátum részletes jellemzését a 6. sz. melléklet tartalmazza.

Phytophthora lacustris

A tenyészetek növekedési üteme 2,75 és 6,33 mm/nap között változott, átlagosan 3,99 mm/nap volt. A telepjelleg változatos volt, a leggyakoribbnak a

csillagszerű és a rozettás telepjelleg bizonyult, de előfordult szíromszerű (216/1 és 246/1) és sima (181/1) telep is. A 181/1 és a 205/2 izolátumok tenyészei dús, bolyhos légmicéliumot képeztek, a többi vizsgált izolátum esetében kevés légmicélium képződött. A 205/2 és a 181/1 izolátumok kivételével, nem volt jellemző az éles telephatár. Steril faj, ivaros képletek egy esetben sem alakultak ki. Agar-on sporangium képzésre sem voltak képesek az izolátumok. Szűrt, nem steril talajoldatban azonban 7 nap után tojásdad vagy hosszúkás-tojásdad, esetleg elliptikus sporangiumok képződtek. A sporangiumok a tenyészeten belül egységesek voltak. Csúcsukon papilla nem volt megfigyelhető. A sporangiumok az egyszerű, nem elágazó sporangiumtartón maradtak. A 216/1, 223a, 189/2 és a 205/2 izolátumok esetében sporangium képzés sem volt megfigyelhető. A többi izolátum esetében, belső proliferáció volt jellemző. Klamidospórák nem keletkeztek. Egy izolátum (246/1) gömbölyded és szabálytalan alakú hifadudorokat képzett. Az egyes képletek méreteit és az izolátumok részletes jellemzését a 10. sz. melléklet tartalmazza.

Phytophthora sp. oaksoil

Az egyetlen azonosított izolátum sugárnövekedésének üteme 3,75 mm/nap volt. Lenyomott, szíromszerű telepet fejlesztett. Az azonosításhoz szükséges képletek nem alakultak ki sem az agar felszínén, sem nem steril, szűrt talajoldatban a kísérlet körülményei között.

Phytophthora plurivora

A tenyészetek növekedési üteme 5,63 és 7,92 mm/nap között változott, átlagosan 6,70 mm/nap volt. A telepjelleg minden vizsgált izolátum esetében krizantém szerű volt, kevés légmicélium képződött. A telep határa egy esetben sem volt éles. Homotallikus faj, azonban oogóniumok és anteridiumok képződését az agar felszínén csak két izolátum (164/2, 211/1) esetében észleltem. Az oogóniumok gömbölydedek, sima falúak voltak. A hosszúkás, tojásdad, egy sejtű anteridiumok paragin módon kapcsolódtak az oogóniumokhoz. Sima falú, gömbölyded, aploeritikus és plerotikus oospórák több izolátum (139/1, 144/1, 164/2, 211/1) esetében is keletkeztek. Hét izolátum (140/2, 145/1, 166/1, 183/1a, 185/1, 202a, 207/1) esetében nem észleltem sem oogóniumok és anteridiumok, sem oospórák képződését. Szűrt, nem steril talajoldatban a tenyészetek 5-6 nap után sporangiumokat képeztek. A sporangiumok a tenyészeten belül is változatos méretűek és alakúak voltak. Minden esetben szemi-papillás sporangiumok keletkeztek, melyek az egyszerű, nem elágazó sporangium tartón maradtak. A sporangiumtartó alkalmanként kissé oldalt csatlakozott a sporangiumhoz. Körte, fordított körte, elliptikus, tojásdad, fordított tojásdad, egy csúcsú, kissé görbült, szabálytalan alakú sporangiumok fejlődtek, de néhány izolátum esetében kétszúcsú, szabálytalan alakú sporangiumok is előfordultak. Két izolátum (202a, 144/1) esetében nem észleltem sporangiumképzést. A 140/2, 207/1 és a 202a izolátumok kivételével minden vizsgált izolátum képzett a hifák végén álló, kerek, vékony falú klamidospórákat is. Hifadudorok, hifátágulatok azonban egy tenyészet esetében sem voltak észlelhetők. Az egyes képletek méreteit és az izolátumok részletes jellemzését a 11. sz. melléklet tartalmazza.

Phytophthora polonica

A tenyészetek növekedési üteme 3,38, 3,44, 3,48 ill. 3,50 mm/nap volt. A telepjelleg a 209/2 és a 210/2 izolátumok esetében sima, lenyomott, a 142/1 izolátum esetében csillagos, lenyomott, míg a 252/1 esetében lenyomott volt. Homotallikus faj, azonban oogóniumok és anteridiumok képződését az agar felszínén csak két izolátum (209/2, 210/2) esetében észleltem. Csak kevés oogónium, anteridium, illetve oospóra

képződött. Az oogóniumok gömbölydedek voltak. 209/2 izolátum esetében hosszúkás anterídium keletkezett, mely paragin módon kapcsolódott az oogóniumhoz; míg 210/2 izolátum esetében amfigin és paragin módon kapcsolódó kerek anterídiumok keletkeztek. Mindkét esetben oogóniumonként egy, egysejtű anterídium volt megfigyelhető. Sima falú, gömbölyded, oospórák is csak ennél a két izolátumnál keletkeztek. Szűrt, nem steril talajoldatban a 209/2 és a 210/2 izolátum tenyészetében 5-6 nap után kevés, tojásdad, nem papillás sporangium képződött. Az izolátumok klamidospórákat nem képeztek. Jellegzetes hifadudorok, hifatágulatok azonban minden esetben keletkeztek. Ezek magánosan, láncszerűen vagy csoportokban jöttek létre, alakjuk gömbölyű vagy korallszerű volt. Az egyes képletek méreteit és az izolátumok részletes jellemzését a 12. sz. melléklet tartalmazza.

Phytophthora pseudosyringae

A tenyészet növekedési üteme 3,5 mm/nap volt. Rozettás telepet fejlesztett, kevés légmicéliummal, élestelephatárral. Oogóniumok, anterídiumok és oospórák képződését sem az agar felszínén, sem talajoldatban nem sikerült megfigyelni. Szűrt, nem steril talajoldatban, a tenyészetben 5 nap után tömeges sporangiumképzést észleltem. A sporangiumok a nem elágazó tartón maradtak. Alakjuk nem papillás, tojásdad, hosszúkás tojásdad, illetve elliptikus volt. Hifadudorok, klamidospórák azonban nem keletkeztek. Az egyes képletek méreteit és az izolátum részletes jellemzését a 6. sz. melléklet tartalmazza.

5.3.2. Filogenetikai jellemzés

Az ITS1-5.8S-ITS2 szakasz vizsgálata

936 bázispár hosszú szakasz vizsgálata történt meg az elemzés során. Az elemzésbe doktori dolgozathoz kapcsolódó, általam azonosított fajok mindegyikét bevontam, azonban csak a hibátlan szekvenciákat használtam fel. Így összesen 7 *P. polonica*, 29 *P. plurivora*, 27 *P. lacustris*, 15 *P. gonapodyides*, 18 *P. cactorum*, 3 *P. sp. Hungarica*, 1 *P. pseudosyringae*, 2 *P. gallica*, 2 *P. hydropathica*, 1 *P. sp. oaksoil*, 3 *P. inundata* és 3 *P. taxon raspberry* izolátum szekvenciáját használtam fel.

5.12. táblázat: *Phytophthora* fajok genetikai távolsága és a hozzá tartozó (SE) értékek az ITS 1-5.8S-ITS2 szakasz vizsgálata alapján

d (SE)	<i>P. polonica</i>	<i>P. lacustris</i>	<i>P. gonapodyides</i>	<i>P. sp. hungarica</i>	<i>P. taxon raspberry</i>	<i>P. sp. oaksoil</i>	<i>P. inundata</i>	<i>P.alni</i>	<i>P. plurivora</i>	<i>P.pseudosyringae</i>	<i>P. cactorum</i>	<i>P. gallica</i>	<i>P. hydropathica</i>	<i>Pythium sp.</i>
<i>P. polonica</i>	0,145 (0,013)	0,428 (0,035)	0,421 (0,034)	0,424 (0,035)	0,456 (0,037)	0,408 (0,033)	0,440 (0,036)	0,589 (0,049)	0,465 (0,037)	0,419 (0,033)	0,477 (0,039)	0,427 (0,034)	0,362 (0,031)	1,129 (0,121)
<i>P. lacustris</i>	0,428 (0,035)	0,001 (0,001)	0,026 (0,006)	0,022 (0,005)	0,034 (0,007)	0,021 (0,005)	0,039 (0,007)	0,311 (0,031)	0,141 (0,017)	0,106 (0,015)	0,148 (0,018)	0,280 (0,029)	0,250 (0,025)	0,836 (0,085)
<i>P. gonapodyides</i>	0,421 (0,034)	0,026 (0,006)	0,002 (0,001)	0,012 (0,004)	0,024 (0,006)	0,018 (0,005)	0,045 (0,008)	0,320 (0,031)	0,152 (0,017)	0,117 (0,015)	0,165 (0,019)	0,279 (0,029)	0,255 (0,026)	0,825 (0,083)
<i>P. sp. hungarica</i>	0,424 (0,035)	0,022 (0,005)	0,012 (0,004)	0,000 (0,000)	0,020 (0,005)	0,013 (0,004)	0,035 (0,007)	0,316 (0,031)	0,147 (0,017)	0,112 (0,015)	0,162 (0,019)	0,268 (0,028)	0,246 (0,025)	0,831 (0,084)
<i>P. taxon raspberry</i>	0,456 (0,037)	0,034 (0,007)	0,024 (0,006)	0,020 (0,005)	0,000 (0,000)	0,023 (0,005)	0,049 (0,008)	0,340 (0,034)	0,166 (0,018)	0,119 (0,015)	0,173 (0,020)	0,281 (0,029)	0,256 (0,026)	0,815 (0,082)
<i>P. sp. oaksoil</i>	0,408 (0,033)	0,021 (0,005)	0,018 (0,005)	0,013 (0,004)	0,023 (0,005)	n. é.	0,041 (0,008)	0,306 (0,030)	0,156 (0,018)	0,111 (0,015)	0,161 (0,019)	0,279 (0,029)	0,246 (0,024)	0,841 (0,087)
<i>P. inundata</i>	0,440 (0,036)	0,039 (0,007)	0,045 (0,008)	0,035 (0,007)	0,049 (0,008)	0,041 (0,008)	0,000 (0,000)	0,338 (0,032)	0,159 (0,018)	0,128 (0,016)	0,172 (0,020)	0,302 (0,031)	0,257 (0,026)	0,828 (0,082)
<i>P.alni</i>	0,589 (0,049)	0,311 (0,031)	0,320 (0,031)	0,316 (0,031)	0,340 (0,034)	0,306 (0,030)	0,338 (0,032)	n. é.	0,310 (0,029)	0,291 (0,030)	0,338 (0,033)	0,448 (0,043)	0,398 (0,038)	1,084 (0,118)
<i>P. plurivora</i>	0,465 (0,037)	0,141 (0,017)	0,152 (0,017)	0,147 (0,017)	0,166 (0,018)	0,156 (0,018)	0,159 (0,018)	0,310 (0,029)	0,001 (0,001)	0,110 (0,014)	0,129 (0,016)	0,299 (0,030)	0,244 (0,025)	0,733 (0,073)
<i>P. pseudosyringae</i>	0,419 (0,033)	0,106 (0,015)	0,117 (0,015)	0,112 (0,015)	0,119 (0,015)	0,111 (0,015)	0,128 (0,016)	0,291 (0,030)	0,110 (0,014)	n. é.	0,092 (0,012)	0,246 (0,025)	0,274 (0,028)	0,781 (0,079)
<i>P. cactorum</i>	0,477 (0,039)	0,148 (0,018)	0,165 (0,019)	0,162 (0,019)	0,173 (0,020)	0,161 (0,019)	0,172 (0,020)	0,338 (0,033)	0,129 (0,016)	0,092 (0,012)	0,001 (0,001)	0,277 (0,029)	0,295 (0,031)	0,856 (0,088)
<i>P. gallica</i>	0,427 (0,034)	0,280 (0,029)	0,279 (0,029)	0,268 (0,028)	0,281 (0,029)	0,279 (0,029)	0,302 (0,031)	0,448 (0,043)	0,299 (0,030)	0,246 (0,025)	0,277 (0,029)	0,000 (0,000)	0,272 (0,027)	0,907 (0,097)
<i>P. hydropathica</i>	0,362 (0,031)	0,250 (0,025)	0,255 (0,026)	0,246 (0,025)	0,256 (0,026)	0,246 (0,024)	0,257 (0,026)	0,398 (0,038)	0,244 (0,025)	0,274 (0,028)	0,295 (0,031)	0,272 (0,027)	0,001 (0,001)	0,870 (0,093)
<i>Pythium sp.</i>	1,129 (0,121)	0,836 (0,085)	0,825 (0,083)	0,831 (0,084)	0,815 (0,082)	0,841 (0,087)	0,828 (0,082)	1,084 (0,118)	0,733 (0,073)	0,781 (0,079)	0,856 (0,088)	0,907 (0,097)	0,870 (0,093)	n. é.

5.13. táblázat: Fajon belüli genetikai távolságok az ITS szakasz alapján-*P. cactorum*

<i>P.</i> <i>cactorum</i>	A1		A2	
	d	SE	d	S.E.
A1	0,000	0,000	0,001	0,001
A2	0,001	0,001	0,000	0,000

5.14. táblázat: Fajon belüli genetikai távolságok az ITS szakasz alapján-*P. plurivora*

<i>P.</i> <i>plurivora</i>	A1		A2		A3		A4	
	d	SE	d	SE	d	SE	d	SE
A1	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
A2	0,001	0,001	0,000	0,000	0,003	0,002	0,003	0,002
A3	0,001	0,001	0,003	0,002	0,000	0,000	0,003	0,002
A4	0,001	0,001	0,003	0,002	0,003	0,002	0,000	0,000

5.15. táblázat: Fajon belüli genetikai távolságok az ITS szakasz alapján-*P. gonapodyides*

<i>P.</i> <i>gonapodyides</i>	A1		A2		A3		A4		A5		A6	
	d	SE	d	SE	d	SE	d	SE	d	SE	d	SE
A1	SINGLETON		0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,004	0,002	0,004	0,002
A2	0,001	0,001	0,0004	0,0004	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,002	0,002	0,002
A3	0,002	0,002	0,001	0,001	SINGLETON		0,002	0,002	0,004	0,002	0,004	0,002
A4	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002	SINGLETON		0,002	0,001	0,001	0,001
A5	0,004	0,002	0,003	0,002	0,004	0,002	0,002	0,001	0,0008	0,0008	0,000	0,000
A6	0,004	0,002	0,002	0,002	0,004	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	SINGLETON	

5.16. táblázat: Fajon belüli genetiaki távolságok az ITS szakasz alapján-P. lacustris

<i>P. lacustris</i>	A1		A2		A3		A4		A5		A6		A7		A8		A9		A10		A11	
	d	SE	d	SE	d	SE	d	SE	d	SE	d	SE	d	SE	d	SE	d	SE	d	SE	d	SE
A1	SINGLET ON		0,0 00	0,0 00	0,0 01	0,0 01	0,0 02	0,0 02	0,0 02	0,0 02	0,0 01	0,0 01	0,0 01	0,0 01	0,0 01	0,0 01	0,0 02	0,0 02	0,0 01	0,0 01	0,0 06	0,0 03
A2	0,0 00	0,0 00	SINGLET ON		0,0 01	0,0 01	0,0 02	0,0 02	0,0 02	0,0 02	0,0 01	0,0 01	0,0 01	0,0 01	0,0 01	0,0 01	0,0 02	0,0 02	0,0 01	0,0 01	0,0 06	0,0 03
A3	0,0 01	0,0 01	0,0 01	0,0 01	SINGLET ON		0,0 01	0,0 01	0,0 01	0,0 01	0,0 02	0,0 02	0,0 02	0,0 02	0,0 02	0,0 02	0,0 04	0,0 02	0,0 02	0,0 02	0,0 07	0,0 03
A4	0,0 02	0,0 02	0,0 02	0,0 02	0,0 01	0,0 01	SINGLET ON		0,0 02	0,0 02	0,0 04	0,0 02	0,0 04	0,0 02	0,0 04	0,0 02	0,0 02	0,0 02	0,0 04	0,0 02	0,0 09	0,0 03
A5	0,0 02	0,0 02	0,0 02	0,0 02	0,0 01	0,0 01	0,0 02	0,0 02	0,0 00	0,0 00	0,0 01	0,0 01	0,0 01	0,0 01	0,0 01	0,0 01	0,0 02	0,0 02	0,0 01	0,0 01	0,0 06	0,0 03
A6	0,0 01	0,0 01	0,0 01	0,0 01	0,0 02	0,0 02	0,0 04	0,0 02	0,0 01	0,0 01	0,0 00	0,0 00	0,0 00	0,0 00	0,0 00	0,0 00	0,0 01	0,0 01	0,0 00	0,0 00	0,0 05	0,0 02
A7	0,0 01	0,0 01	0,0 01	0,0 01	0,0 02	0,0 02	0,0 04	0,0 02	0,0 01	0,0 01	0,0 00	0,0 00	0,0 00	0,0 00	0,0 00	0,0 00	0,0 01	0,0 01	0,0 00	0,0 00	0,0 05	0,0 02
A8	0,0 01	0,0 01	0,0 01	0,0 01	0,0 02	0,0 02	0,0 04	0,0 02	0,0 01	0,0 01	0,0 00	0,0 00	0,0 00	0,0 00	0,0 00	0,0 00	0,0 01	0,0 01	0,0 00	0,0 00	0,0 05	0,0 02
A9	0,0 02	0,0 02	0,0 02	0,0 02	0,0 04	0,0 02	0,0 02	0,0 02	0,0 02	0,0 02	0,0 01	0,0 01	0,0 01	0,0 01	0,0 01	0,0 01	SINGLET ON		0,0 01	0,0 01	0,0 06	0,0 03
A10	0,0 01	0,0 01	0,0 01	0,0 01	0,0 02	0,0 02	0,0 04	0,0 02	0,0 01	0,0 01	0,0 00	0,0 00	0,0 00	0,0 00	0,0 00	0,0 00	0,0 01	0,0 01	0,0 00	0,0 00	0,0 04	0,0 02
A11	0,0 06	0,0 03	0,0 06	0,0 03	0,0 07	0,0 03	0,0 09	0,0 03	0,0 06	0,0 03	0,0 05	0,0 02	0,0 05	0,0 02	0,0 05	0,0 02	0,0 06	0,0 03	0,0 04	0,0 02	SINGLET ON	

5.17. táblázat: Fajon belüli genetikai távolságok az ITS szakasz alapján-*P. polonica*

<i>P.</i> <i>polonica</i>	A1		A2		A3		A4		A5	
	d	S. E.	d	S. E.	d	S. E.	d	S. E.	d	S. E.
A1	0,0013	0,0013	0,003	0,002	0,007	0,003	0,010	0,003	0,277	0,027
A2	0,003	0,002	SINGLETON		0,005	0,002	0,010	0,003	0,283	0,028
A3	0,007	0,003	0,005	0,002	SINGLETON		0,005	0,002	0,281	0,027
A4	0,010	0,003	0,010	0,003	0,005	0,002	SINGLETON		0,279	0,027
A5	0,277	0,027	0,283	0,028	0,281	0,027	0,279	0,027	0,000	0,000

Fajok közötti és fajokon belüli genetikai távolságok

A fajok közötti genetikai távolságokat, és egy *Pythium sp.*-hez képesti genetikai távolságokat és a hozzájuk tartozó standard hiba (SE) értékeket a 5.12. táblázat tartalmazza. A táblázat alapján elmondható, hogy a 6. Klád fajai közötti genetikai távolság jelentősen kisebb, mint ezek távolsága a többi fajtól, illetve a többi faj egymás közötti távolsága. A *Phytophthora* fajok genetikai távolság a *Pythium* fajtól jóval nagyobb, mint az nemzetségen belül tapasztalható. A fajokon belüli genetikai távolságokat és a hozzájuk tartozó SE értékeket a táblázat szürke mezői tartalmazzák. A fajon belüli genetikai távolság érték a *P. polonica* esetében nagyon magas volt, mely felvetette azt a lehetőséget, hogy a BLAST segítségével *P. polonica*-ként azonosított izolátumok nem mindegyike tartozik ehhez a fajhoz.

Fajon belüli genetikai távolságok-*P. cactorum*

A vizsgált szakaszon a MEGA szoftver egy variábilis helyet talált. Itt egy A/G cserében tért el egymástól a két allél. Az A1, adenint tartalmazó allélhoz 13 izolátum, míg az A2, guanint tartalmazó allélhoz 5 izolátum tartozik. Mindkét allélt egy-egy szekvencia képviselt a további elemzésben. Az allélok belüli, és az allélok közötti genetikai távolságokat és a hozzájuk tartozó SE értékeket a 5.13. táblázat tartalmazza. Az allélok közötti genetikai távolság elhanyagolható a korábban, a *P. cactorum* és más fajok között tapasztalható genetikai távolság értékekhez képest, így a két allél egyetlen faj két allélének tekinthető.

Fajon belüli genetikai távolságok-*P. plurivora*

A vizsgált szakaszon a MEGA szoftver négy variábilis helyet talált (4-14. táblázat). Ezek alapján négy allélt tudtam elkülöníteni. Az A1 allélhoz tartozik a legtöbb izolátum (18), az A2 allélhoz három, míg az A3 és A4 allélokhoz négy-négy izolátum tartozik. Minden allélt egy-egy szekvencia képviselt a további elemzésben. Az allélok belüli, és az allélok közötti genetikai távolságokat és a hozzájuk tartozó SE értékeket a 5.14. táblázat tartalmazza. Az allélok közötti genetikai távolság elhanyagolható a korábban, a *P. plurivora* és más fajok között tapasztalható genetikai távolság értékekhez képest, így a négy allél egyetlen faj négy allélének tekinthető.

Fajon belüli genetikai távolságok-*P. polonica*

A vizsgált szakaszon a MEGA szoftver 165 variábilis helyet talált. Ezek alapján öt allélt tudtam elkülöníteni. Az A5 allélt képviselő, Sárvár 5L feketedió állományból származó 139/2 és 142/1 izolátumok szekvenciái teljesen megegyeztek, azonban a többi szekvenciától nagymértékben elkülönültek. A MEGA által számolt genetikai távolság és a másik négy alléltól való 159 bp eltérés indokoltá teszi, hogy ezt a két izolátumot ne tekintsük *P. polonica*-nak, annak ellenére, hogy a GenBank csak *P. polonica* homológokat talál a szekvenciákhoz.

A többi szekvencia esetében tíz variábilis hely jelent meg (5.17 táblázat), melyek alapján négy allél volt elkülöníthető. Az A1 allélhoz két, míg a többi allélhoz egy-egy szekvencia tartozik. Ezek esetében a tapasztalt allélok közötti, és allélon belüli genetikai távolságok alacsonyak, feltehetően ez a négy allél egy fajhoz tartozik.

Fajon belüli genetikai távolságok-*P. lacustris*

A vizsgált szakaszon a MEGA szoftver hat variábilis helyet talált (5.16. táblázat). Ezek alapján tizenegy allélt tudtam elkülöníteni. Az A1, A2, A3, A4, A9, A11 allélokhoz egy-egy, az A5 és A7 allélokhoz két-két, az A6 allélhoz hat, az A8 allélhoz három izolátum tartozik, míg az A10 allélhoz hét izolátum tartozik. Minden allélt egy-

egy szekvencia képviselt a további elemzésben. Az allélok belüli, és az allélok közötti genetikai távolságokat és a hozzájuk tartozó SE értékeket a 5.16. Táblázat tartalmazza. Az allélok közötti genetikai távolság elhanyagolható a korábban, a *P. lacustris* és más fajok között tapasztalható genetikai távolság értékekhez képest, így a tizenegy allél egyetlen faj feltehetően azonos fajhoz tartozik.

Fajon belüli genetikai távolságok-*P. gonapodyides*

A vizsgált szakaszon a MEGA szoftver öt variábilis helyet talált (5.15. táblázat). Ezek alapján hat allélt tudtam elkülöníteni. Az A2 allélhoz tartozik a legtöbb izolátum (7), az A1, A3, A4 és A6 allélokhoz egy, míg az A5 allélhoz három izolátum tartozik. Minden allélt egy-egy szekvencia képviselt a további elemzésben. Az allélok belüli, és az allélok közötti genetikai távolságokat és a hozzájuk tartozó SE értékeket a 5.15. táblázat tartalmazza. Az allélok közötti genetikai távolság elhanyagolható a korábban, a *P. gonapodyides* és más fajok között tapasztalható genetikai távolság értékekhez képest, így a hat allél feltehetően azonos fajhoz tartozik.

Fajon belüli genetikai távolság-*P. hydropathica*

A vizsgált szakaszon a MEGA szoftver két variábilis helyet talált, ez alapján a talált két izolátum egy-egy, kismértékben eltérő allélt képvisel. Mivel mindkét allélhoz egy-egy szekvencia tartozik, allélok belüli genetikai távolságokat nem tudtam számolni. Az allélok közötti genetikai távolságokat a 5.18. táblázat tartalmazza.

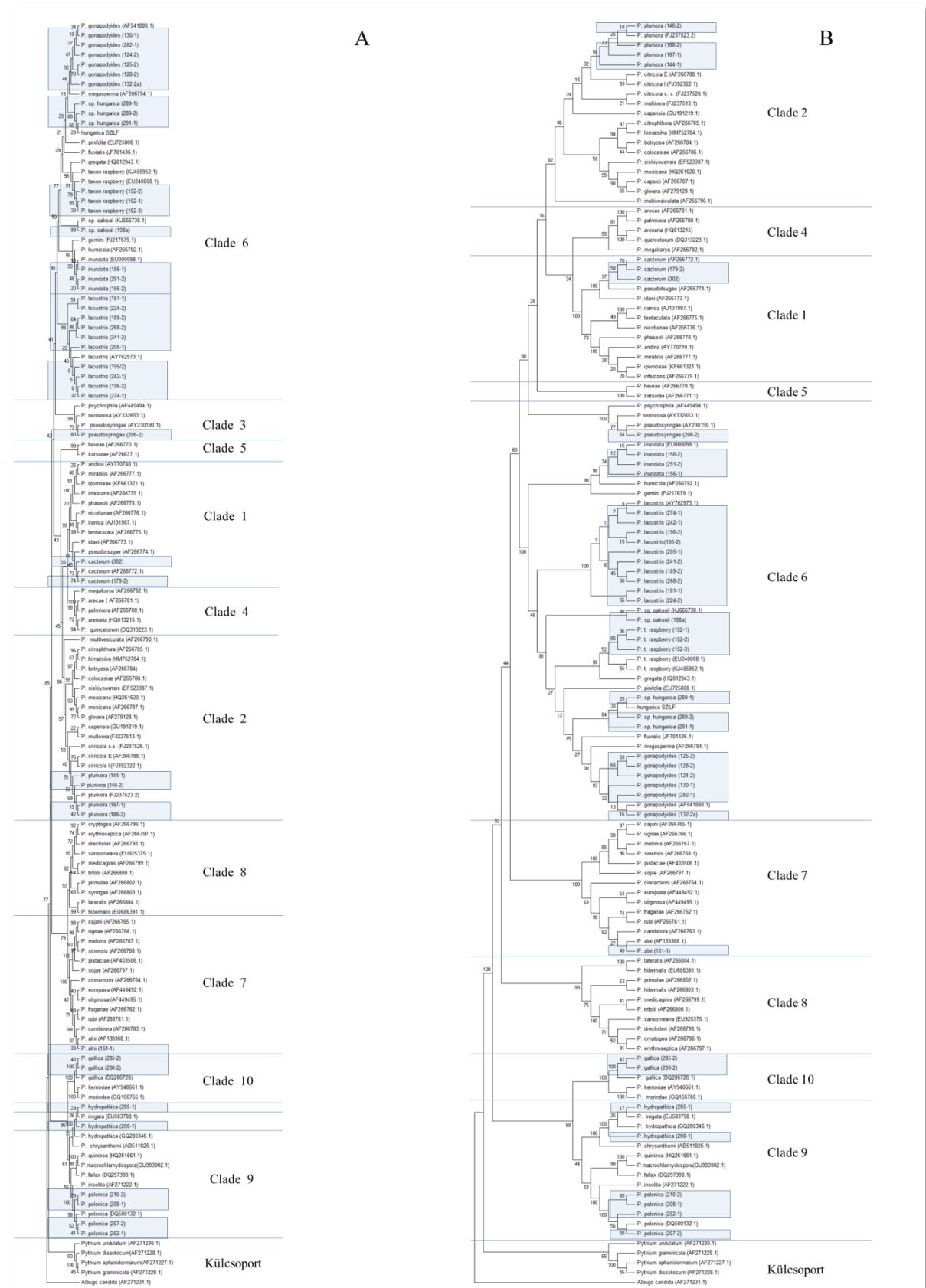
5.18. táblázat: Fajon belüli genetikai távolság az ITS szakasz alapján-*P. hydropathica*

<i>P. hydropathica</i>	285/1	200/1
285/1	n. é.	0,002
200/1	0,003	n. é.

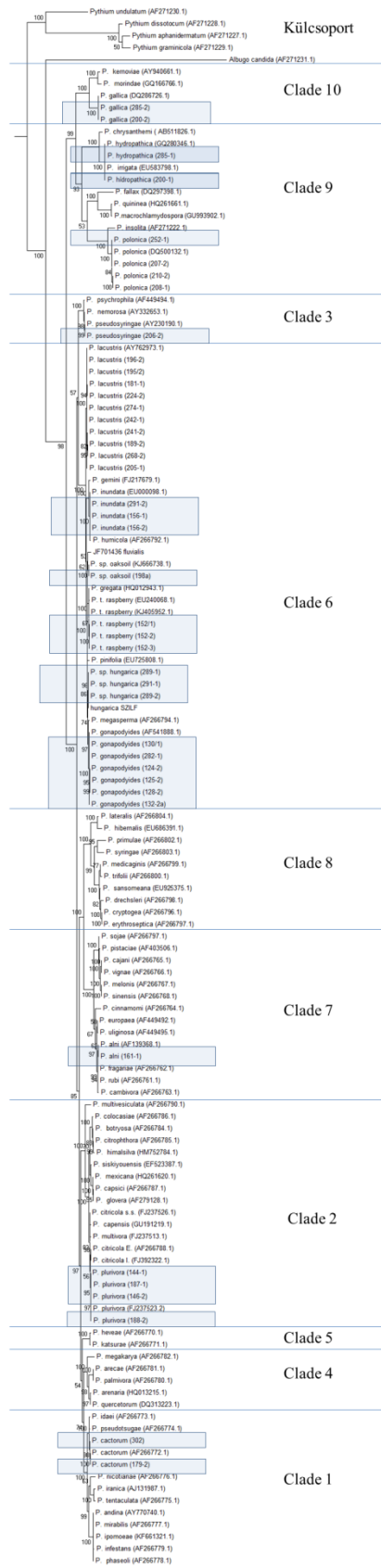
Az ITS törzsfák

A három törzsfá szerkezete kis mértékben eltér egymástól, azonban a Cooke és mtsai (2000) által megalkotott ITS kládok, illetve a Blair és mtsai (2008) által több gén alapján megalkotott, jelenleg elfogadott kládok jól elkülönülnek egymástól mindhárom törzsfá esetében. Az általam gyűjtött és azonosított izolátumok illeszkednek ebbe a rendszerbe, és a törzsfák (5.21-5.22. ábrák) megerősítik a fajazonosítás eredményét.

Vizi és talajban élő *Phytophthora* fajok előfordulása Nyugat-Magyarországon, szerepük feketedő, mézgas éger és madárcezesznye pusztulásában



5.21. ábra: Az ITS szakasz alapján készített törzsfák: A.: Maximum Likelihood törzsfá, B.: Maximum Parsimony törzsfá.



5.22. ábra: Az ITS szakasz alapján készített BI fa

Filogenetikai vizsgálat a TEF1A szakasz alapján

Fajok közötti és fajkon belüli genetikai távolságok

A fajok közötti genetika távolságokat, és a hozzájuk tartozó standard error értékeket az 5.19. táblázat tartalmazza. A táblázat alapján elmondható, hogy a TEF1A gén vizsgált szakasza alapján a fajok közötti genetikai távolságok kisebbek, mint az ITS szakasz alapján. A fajkon belüli genetikai távolságokat és a hozzájuk tartozó SE értékeket a táblázat szürke mezői tartalmazzák. A vizsgálat során a *P. polonica* fajtól leválasztva, *Phytophthora sp.*-ként szerepelt az a két izolátum, mely az ITS szekvenciák alapján jelentősen különbözött a többi *P. polonica* szekvenciától, bár a BLAST-olás eredményeképpen *P. polonica*-ként azonosítottam őket korábban. A TEF1A szakaszon tapasztalt genetikai távolság a *P. polonica* és a *Phytophthora sp.* között elenyészően kicsi, ezen értékek alapján felvetődik a két izolátum *P. polonica* fajhoz sorolásának lehetősége is. Ezt támasztja alá az is, hogy a vizsgált génszakaszhoz a BLAST program a GenBank-ból nagy átfedéssel (99%, ill. 100%) csak *P. polonica* homológokat talál. A fajon belüli genetikai távolság a *Phytophthora sp. hungarica* izolátumok között a többi fajhoz képest magas.

5.19. táblázat: Fajok közötti és fajkon belüli genetikai távolságok a TEF1A szakasz alapján

	<i>P. hungarica</i>		<i>Phytophthora sp.</i>		<i>P. polonica</i>		<i>P. pseudosyringae</i>	
	d	SE	d	SE	d	SE	d	SE
<i>P. hungarica</i>	0,01640	0,00460	0,07800	0,01400	0,08000	0,01400	0,08100	0,01400
<i>Phytophthora sp.</i>	0,07800	0,01400	0,00000	0,00000	0,00200	0,00200	0,07000	0,01300
<i>P. polonica</i>	0,08000	0,01400	0,00200	0,00200	N. É.		0,07200	0,01300
<i>P. pseudosyringae</i>	0,08100	0,01400	0,07000	0,01300	0,07200	0,01300	N. É.	

Fajon belüli genetikai távolság-*Phytophthora sp. hungarica*

A vizsgált szakaszon a MEGA szoftver 20 variábilis helyet talált. Ez alapján négy allélt tudtam elkülöníteni, melyeket egy-egy izolátum képvisel. Az allélok közötti genetikai távolságokat az 5.20. táblázat tartalmazza. A 277/2 izolátum (A4) genetikai távolsága egy nagyságrenddel nagyobb, mint a többi izolátum közötti genetikai távolság, azonban kisebb, mint a fajok közötti genetikai távolság. Feltehetően egy faj négy alléljének tekinthető a négy izolátum.

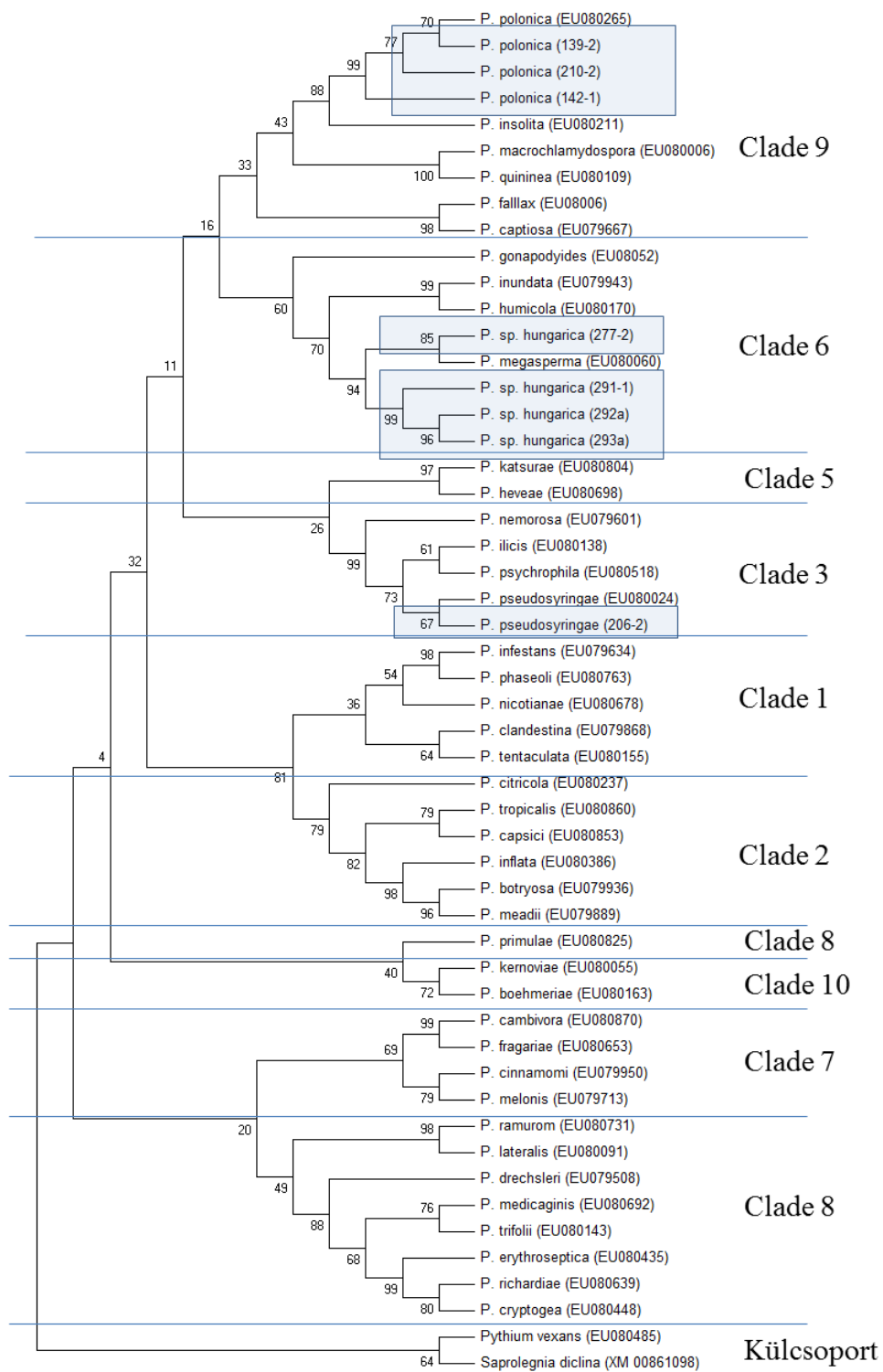
5.20. táblázat: Fajon belüli genetikai távolság a TEF1A szakasz alapján-*Phytophthora sp. hungarica*

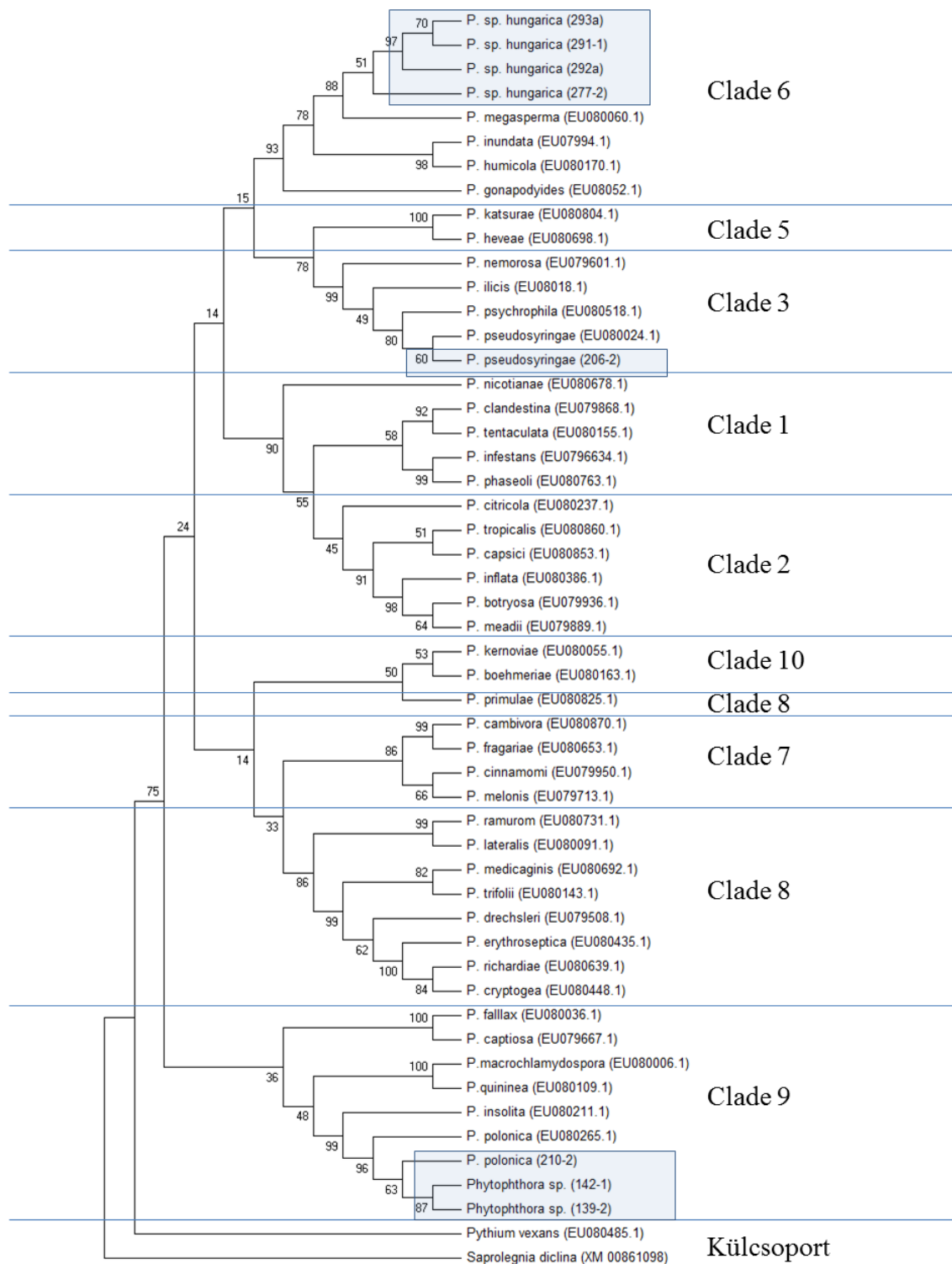
	A1		A2		A3		A4	
	d	SE	d	SE	d	SE	d	SE
A1			0,004	0,003	0,007	0,004	0,023	0,006
A2	0,004	0,003			0,007	0,004	0,027	0,007
A3	0,007	0,004	0,007	0,004			0,023	0,007
A4	0,023	0,006	0,027	0,007	0,023	0,007		

A TEF1A-fák

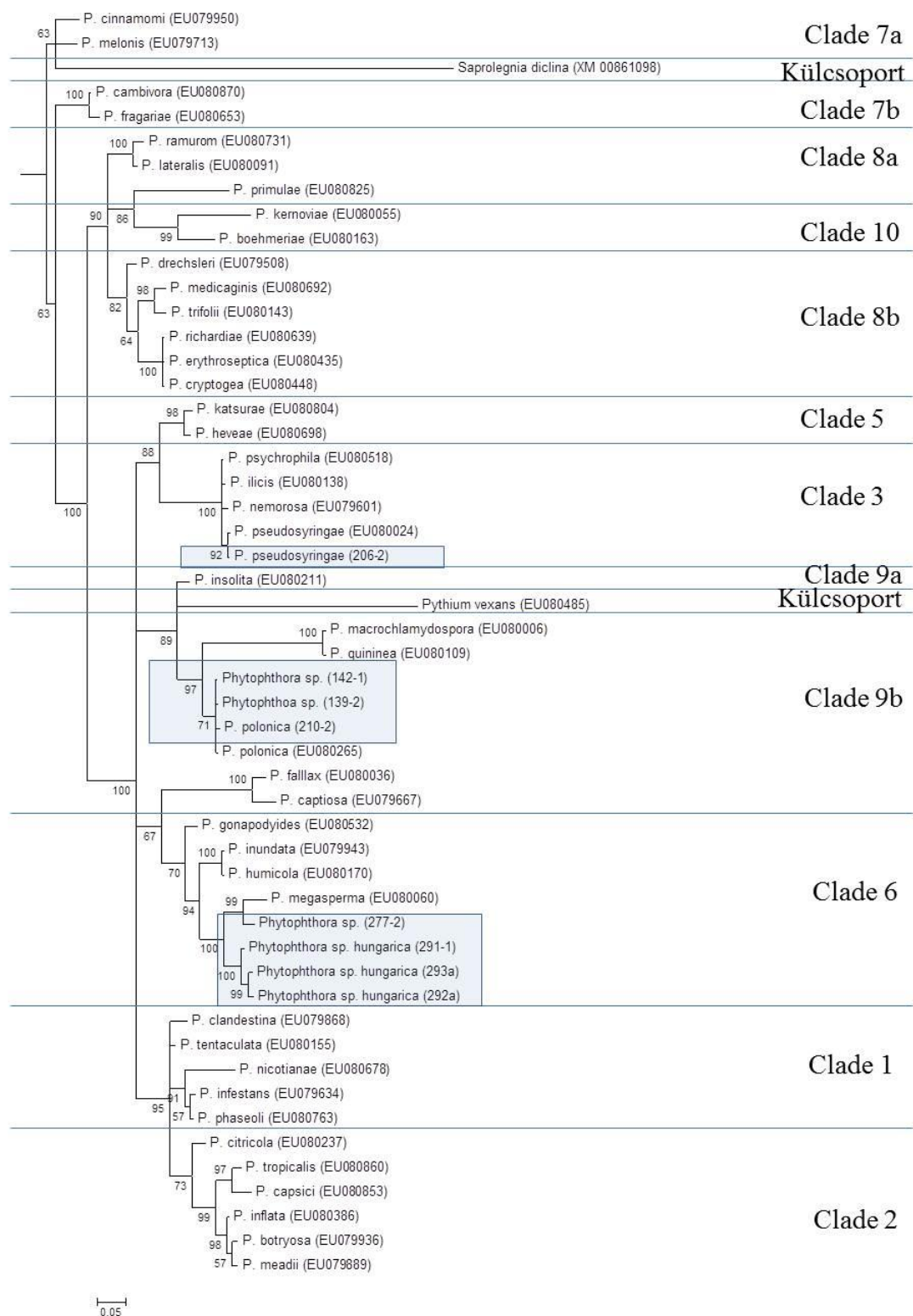
Az ML és MP fák szerkezete (5.23. és 5.24. ábrák) kis mértékben eltér egymástól, azonban a Blair és mtsai (2008) által több gén alapján megalkotott, jelenleg elfogadott kládok mindkét törzsfán jól elkülönülnek egymástól. Az általam gyűjtött és azonosított izolátumok illeszkednek ebbe a rendszerbe, és a törzsfák megerősítik a fajazonosítás eredményét.

A BI fa szerkezete (5.25. ábra) nagymértékben eltér a két másik fától. A kládok nagyrészt elkülönülnek ez esetben is, és az általam gyűjtött izolátumok elhelyezkedése a BI fa esetében is megerősíti a fajazonosítás eredményét, azonban az általam vizsgált rövid génszakasz alapján kapott eredmény kevésbé világosan tükrözi a Blair és mtsai (2008) által megalkotott rendszert.

5.23. ábra: MP-fa a *TEF1* szakasz alapján



5.24. ábra: ML fa a TEF1A szakasz alapján

5.25. ábra: BI fa a *TEF1A* szakasz alapján

5.3.3. A gyakoribb fajok fajon belüli genetikai diverzitása

Phytophthora cactorum

P. cactorum a vizsgált állományok közül feketedió állományok talajából került elő. Az elemzésbe bevont *P. cactorum* szekvenciák mindegyike a dél-hansági feketedió mintaterületről származik. Ezen a területen a fajt két allél képviseli. Mindkét allél előfordult a 2011. júniusi és 2012. szeptemberi mintavétel során is.

A szekvenciák átlagos hossza 791,4 bp lett. A bázisok átlagos gyakorisága: T: 31,3, C: 02,5, A: 19,3, G: 28,8.

Az allélek között 792 bp szakaszon 1 bázis eltérés található: a 611. pozícióban A1 allél esetében adenin, míg A2 allél esetében guanin fordul elő. Az A1 allél a gyakoribb, az elemzett izolátumok 72%-a (13 izolátum) tartozik ide.

Phytophthora plurivora

A *P. plurivora* faj minden mintavételi területen előfordult. 762 bp hosszú szakaszon négy variábilis szájt fordult elő (5.21. táblázat), melyek közül három parszimonikus informatív. A variábilis szájtok alapján négy allélt sikerült elkülöníteni.

5.21. táblázat: *P. plurivora* allélek-variábilis szájtok és előfordulási helyek

	11	351	392	397	izolátum	Előfordulási hely
A1	A	A	C	C	16	Sárvár (FD), Kapuvár (FD), Sopron
A2	A	A	T	C	3	Sopron
A3	A	T	C	C	3	Sárvár (CSNY), Sopron
A4	-	A	C	T	4	Sárvár (FD), Kapuvár (FD)

A négy allél közül a leggyakoribbnak az A1 bizonyult. Ez a leggyakoribb kapuvári feketedió mintaterületen (8 izolátum) volt, de előfordult a Sárvár 5L feketedió állományban (7 izolátum) és a Soproni-hegységben (1 izolátum) is.

Az A2 allél csak a Soproni-hegységben fordult elő, mindössze 3 izolátum képviselte ezt az allélt.

Az A3 allél Sopron környékén volt a gyakoribb (2 izolátum), emellett a Sárvár 19G erdőrészletből egy izolátum képviseli ezt az allélt.

Az A4 allél volt a második leggyakoribb. Ez a két feketedió állományban fordult elő; mindkét állományból 2-2, ehhez az allélhez tartozó izolátumot azonosítottam.

A *P. plurivora* allélek szempontjából, Sopron és Sárvár környéke bizonyultak a legváltozatosabbnak. Egy allél (A1) Sopron, Sárvár és Kapuvár térségében is jelen volt, az A3 allél a Sárvár 19G állományban, és a Sopron környéki patakokban fordult elő, míg az A2 allél csak Sopron környékén, a patakokban. Az A4 allél ezekkel szemben csak a két vizsgált feketedió állomány talajában fordult elő.

A vizsgált szekvenciákban a bázisok gyakorisága az alábbi volt: T:31,6, C:21,1, A:18,2, G:19,1.

Phytophthora gonapodyides

P. gonapodyides a Soproni-hegységben fordult elő nagy mennyiségben, ezen kívül a mézgás éger mintaterületről került elő egy izolátum. A vizsgálatba a Sopron környéki izolátumokat vontam be. A vizsgált szekvenciákban a bázisok átlagos gyakorisága az alábbi volt: T:30,2, C:21,7, A:18,4, G: 29,6. A szekvenciák átlagos hossza 818,6 bp.

A 820 bp hosszú vizsgált szakaszon öt variábilis hely fordult elő, melyek alapján nyolc allélt lehetett elkülöníteni (5.22. táblázat)

5.22. táblázat: *P. gonapodyides* allélek

	11	106	145	270	752	Izolátum
A1	G	G	C	G	C	1
A2	A	G	C	G	C	7
A3	A	G	C	A	C	1
A4	A	G	T	G	C	1
A5	A	A	T	G	C	3
A6	A	A	T	G	T	1
A7	A	A	C	G	C	1
A8	A	G	C	G	T	1

A hét allél közül A2 volt a leggyakoribb, ehhez hét vizsgált izolátum tartozik. Három, A5 allélhoz tartozó izolátum került elő, míg a többi allélt egy-egy izolátum képviseli.

Phytophthora lacustris

P. lacustris előfordult a Soproni-hegység patakjaiban, a csornai mézgás éger mintaterület talajában, valamint a mintaterület közelében húzódó csatornában is. A vizsgálatba bevont szekvenciákban a bázisok átlagos gyakorisága a következő volt: T: 29,9, C: 22,3, A: 17,9, G: 29,9. A vizsgált gyakori fajok közül ez bizonyult a legváltozatosabbnak, ugyanis a 821 bp hosszúságú szakaszon talált hat variábilis hely segítségével tizenegy eltérő allélt lehetett kimutatni. Ezeket és előfordulási helyeiket foglalja össze a 5.23. táblázat. A hat variábilis hely közül négy bizonyult parszimonikus is informatívnak.

5.23. táblázat: *P. lacustris* allélek-gyakoriság, előfordulási helyek

	11	12	57	457	796	816	Izolátum	Előfordulási hely
A1	G	A	G	C	A	T	1	Sopron
A2	-	A	G	C	A	T	1	Hanság, talaj
A3	A	A	G	T	A	T	1	Sopron
A4	A	A	A	T	A	T	1	Sopron
A5	A	A	G	T	G	T	2	Hanság, talaj
A6	-	A	G	C	G	T	6	Sopron, Hanság, talaj
A7	-	G	G	C	G	T	2	Sopron, Hanság, csatorna
A8	-	-	G	C	G	T	3	Hanság, talaj
A9	A	A	A	C	G	T	1	Sopron
A10	A	A	G	C	G	T	7	Sopron, Hanság, talaj;
A11	A	A	G	C	G	C	1	Hanság, talaj

A legtöbb allélt egy-egy gyűjtött izolátum képviseli. A leggyakoribbak az A10 és az A6 allélok, mindkettő a mézgás éger mintaterület talajában is és a Soproni-hegység patakjaiban is előfordult.

A *P. lacustris* egyformán változatosnak bizonyult Sopron és a Hanság környékén is. A Sopron környéki patakokból összesen hét, míg a mézgás éger mintaterületen, a fák gyökérszónájának talajából hat allélt sikerült gyűjteni. Továbbá, egy hetedik allél került elő a mintaterület melletti csatorna vizéből. A tizenegy allél közül három mindkét mintavételi területen előfordult, míg négy csak a soproni patakok vizében, négy pedig csak a Dél-Hanságban, a mintaterület talajában volt megtalálható.

P. polonica

A vizsgálatba az ITS szakasz szekvenciái alapján biztosan *P. polonica*-nak tekinthető izolátumok szekvenciáit vontam be. Ezeket a Sárvár 19G állományban, madárcseresznye fák gyökérszónájának talajából; illetve a Dél-Hanságban, a mézgás éger mintaterületen gyűjtöttem, ugyancsak a fák gyökérszónájának talajából.

A szekvenciák átlagos hosszúsága 815,2 bp. A bázisok aránya az alábbiak szerint alakul: T: 29,7, C: 21,1, A: 17,2, G: 32,0. A kiegyenlítés során kialakult 839 bp hosszú szakaszon tíz variábilis szájt fordult elő, melyek közül hat parszimonikus informatívnek is bizonyult. A variábilis helyek alapján négy allélt lehetett elkülöníteni (5.24. táblázat).

5.24. táblázat: *P. polonica* allélek-gyakoriság, előfordulási helyek

	11	438	442	446	447	448	453	454	483	679	Izolátum	Származási hely
A1	A	C	G	G	C	T	G	C	G	G	2	Sárvár, madárcseresznye
A2	A	T	A	A	C	T	G	C	G	G	1	Sárvár, madárcseresznye
A3	A	T	A	A	T	G	A	G	G	G	1	Sárvár, madárcseresznye
A4	G	C	A	A	T	-	A	G	A	T	1	Csorna, mézgás éger

5.4. A fajok erdővédelmi szerepének vizsgálata: a patogenitás-vizsgálatok eredményei

5.4.1. Feketedió csemetek mesterséges fertőzése

Őszi fertőzési kísérlet

A kísérlet időtartama alatt egyetlen csemete sem pusztult el, a csemetek hajtása és gyökérszete is tünetmentes maradt. Mindössze a nektrózisok területében alakultak ki szignifikáns különbségek az egyes kezelési csoportok között. A csemetek mért vagy értékelt adatait a 14. sz. melléklet tartalmazza. A kialakult nektrózisokról fotó a 13. Mellékletben található.

P. plurivora esetén a kialakult nektrózisok átlagos területe: legkisebb: 62,93 mm², átlag: 126,25 mm², 235,62 mm²; (medián: 139,8 mm²) míg a *P. cactorum*-mal fertőzött csemetéken kialakult nektrózisok átlagos mérete legkisebb: 32,99 mm², 62,93 mm², 102,1 mm² (medián: 55,76 mm²) volt. A fertőzés nélküli kontroll csemetéken nem keletkeztek nektrózisok.

A Kruskal-Wallis teszt alapján, a kezelési csoportokban a nektrózis területe szignifikánsan eltér egymástól (p=0,0001). Mindkét faj patogénnek bizonyult a feketedió csemetékkel szemben, mivel az általuk okozott nektrózisok szignifikánsan

nagyobbak voltak, mint a kontroll csemetek begyógyult sebei ($p=0,000082$ mindkét faj esetében). A *P. plurivora* kissé agresszívebbnek bizonyult a csemetékkel szemben, mint a *P. cactorum* ($p=0,049883$). A fertőzési kísérlet során kialakult nektrózisok területét szemlélteti az 5.26.A ábra.

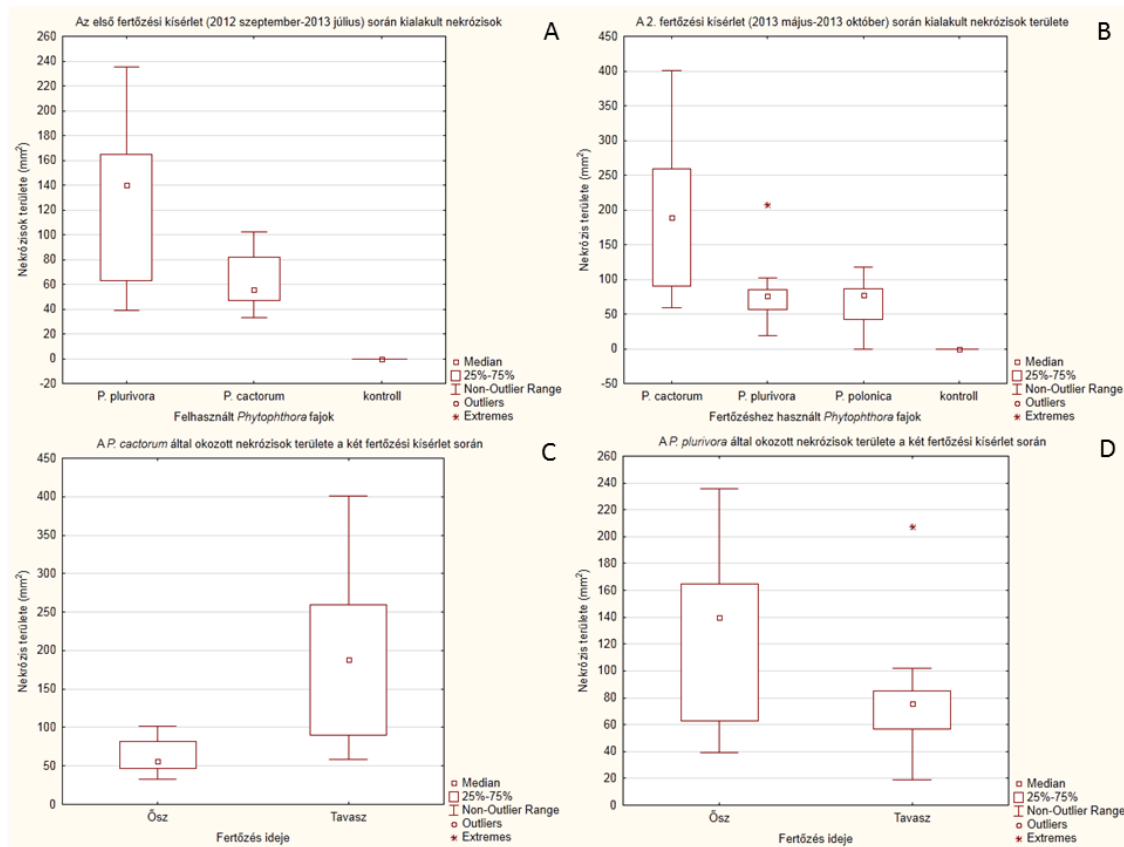
Mindkét fertőzési időszak során, minden csemete életben maradt, sőt, az egészségi állapotuk sem romlott szignifikáns mértékben a kontroll csemetékhez képest. Feltételezhetően a tünetek megjelenéséig hosszabb inkubációs időre lett volna szükség.

Tavaszi fertőzési kísérlet

Egyetlen csemete sem pusztult el a fertőzési kísérlet ideje során. A hajtások tünetmentesek maradtak, a csemeték magasságában és átmérőjében sem mutatkoztak szignifikáns különbségek. A csemeték mért vagy értékelt adatait a 14. sz. melléklet tartalmazza. A kialakult nektrózisokról a 13. Mellékletben láthatók képek.

A *P. plurivora*-val fertőzött csemeték esetében a kialakult léziók területe a következő volt: átlag: $76,81 \text{ mm}^2$, medián: $75,40 \text{ mm}^2$, min: $18,85 \text{ mm}^2$, max.: $207,35 \text{ mm}^2$. *P. cactorum* esetében a kialakult nektrózisok területének átlaga: $192,23 \text{ mm}^2$, mediánja: $188,50 \text{ mm}^2$, min.: $58,90 \text{ mm}^2$, max: $400,55 \text{ mm}^2$. A *P. polonica*-val fertőzött csemeték esetében a kialakult nektrózisok területének átlaga $65,45 \text{ mm}^2$, medián: $77,75 \text{ mm}^2$, min: 0 mm^2 , max: $117,81 \text{ mm}^2$. A kontroll csemeték esetében a sebek begyógyultak, nektrózisok nem keletkeztek.

Az egyes fertőzési csoportokban kialakult nektrózisok területe szignifikánsan eltérő volt a Kruskal-Wallis nemparametrikus ANOVA eredménye alapján ($p=0,0000$). A Mann-Whitney U teszt páronkénti összehasonlítása alapján, mindhárom faj szignifikánsan nagyobb nektrózisokat okozott, mint a kontroll csemeték esetében megfigyelhető volt (*P. plurivora*: $p=0,000001$, *P. cactorum*: $p=0,000000$, *P. polonica*: $p=0,000085$). A *P. cactorum* szignifikánsan nagyobb nektrózisokat okozott, mint a *P. plurivora* vagy a *P. polonica* ($p=0,000444$ mindkét esetben). A *P. plurivora* által okozott és a *P. polonica* által okozott nektrózisok területe azonban nem tért el egymástól szignifikánsan ($p=0,967417$). A fertőzési kísérlet során kialakult nektrózisok területét szemlélteti az 5.26. B ábra.



5.26. ábra: A feketedió csemeték mesterséges fertőzése során kialakult léziók területe. A.: Az első kísérlet eredményei. B.: A második kísérlet eredményei. C.: Szezonális eltérések a *P. cactorum* által okozott léziók területében. D.: Szezonális eltérések a *P. plurivora* által okozott nektrózisok területében.

Szezonális különbségek a *P. plurivora* és a *P. cactorum* patogenitásában

Az őszi és a tavaszi fertőzés során kialakult nektrózisok területe között *P. plurivora* esetében (5.26. D ábra) nem tapasztalható szignifikáns különbség ($p=0,149276$). *P. cactorum* estében (5.26. C ábra) azonban a tavaszi fertőzés során szignifikánsan nagyobb területű nektrózisok alakultak ki ($p=0,000370$).

5.4.2. Mézgas éger csemeték mesterséges fertőzése

Az egyes fertőzési csoportok vizsgált tulajdonságainak jellemző minimum, maximum és átlag értékeit a 15. sz. melléklet tartalmazza, az egyes kezelési csoportokba tartozó csemetéken jelentkező tüneteket a 16. Melléklet mutatja be.

Talajfertőzési kísérlet

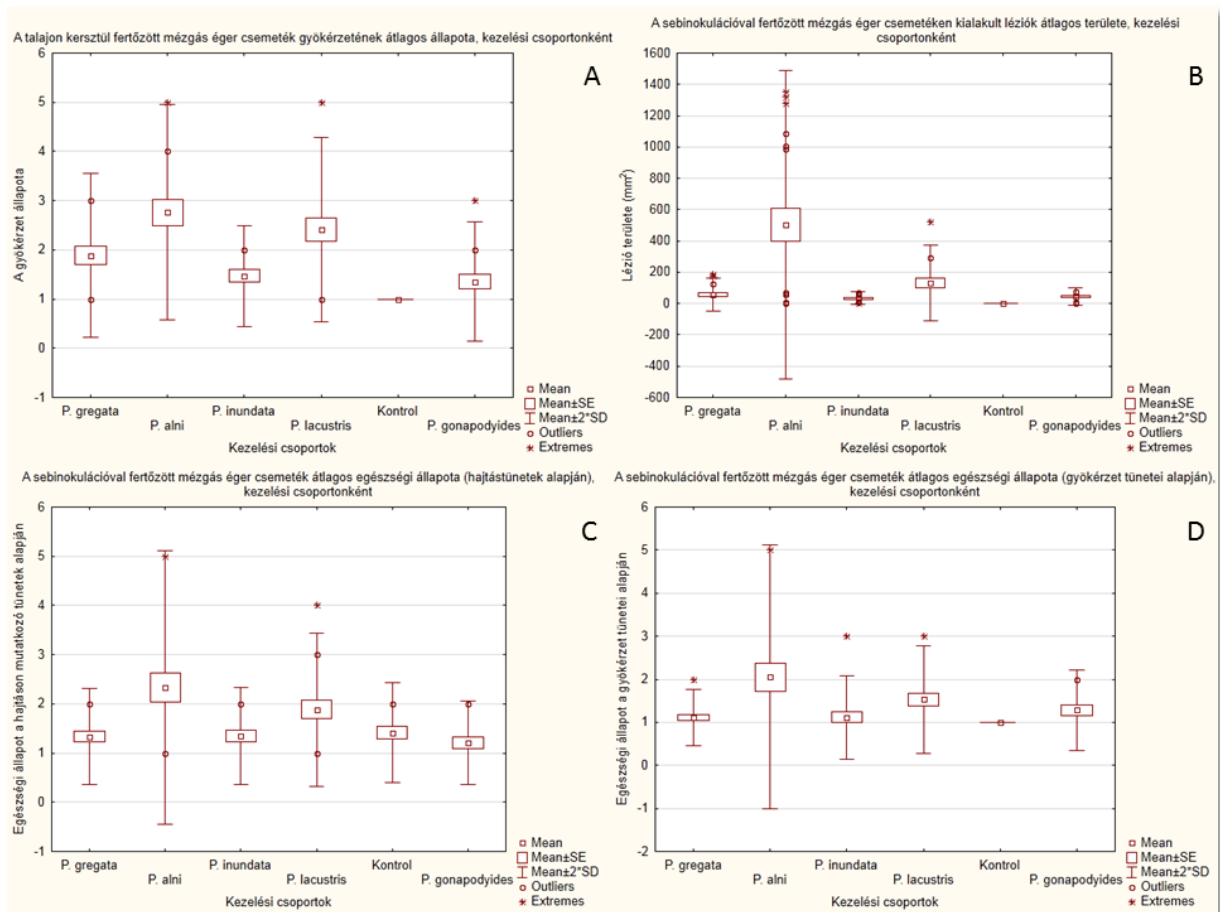
A kísérlet inkubációs ideje alatt két csemete pusztult el. Mindkettőt *P. alni ssp. multififormis* -szal fertőztem meg.

A Kruskal-Wallis nemparaméteres ANOVA eredményei alapján, a csemeték gyökérzetének egészségi állapota (5.27..A ábra) szignifikánsan eltérő volt az egyes kezelési csoportokban ($p=0,0000$). A talajfertőzési kísérlet során nem jelentkezett szignifikáns eltérés a hajtás egészségi állapotában az egyes kezelési csoportok között, a vizsgált időszak alatt ($p=0,0513$).

A Mann-Whitney U-teszt páronkénti összehasonlításai alapján, minden fertőzött csoport esetében romlott a csemeték gyökérzetének egészségi állapota, a kontroll

csemetékhez képest. A leginkább szignifikáns mértékű károsodást a *P. alni ssp. multififormis* okozta ($p=0,0000$). Hasonló, súlyos kárt okozott a *P. lacustris* ($p=0,0001$) is. A *P. taxon raspberry*-val vagy *P. inundata*-val fertőzött csemeték gyökérzete is szignifikánsan rosszabb egészségi állapotú volt azonban, mint a kontroll csemetéké ($p=0,0014$; $p=0,0177$).

Csak a *P. gonapodyides*-szel fertőzött csemeték gyökérzete nem károsodott szignifikáns mértékben a kontrollhoz képest ($p=0,1497$). *P. alni ssp. multififormis* szignifikánsan nagyobb mértékben károsította a csemeték gyökérzetét, mint a *P. taxon raspberry* ($p=0,0293$), *P. inundata* ($p=0,0002$) vagy a *P. gonapodyides* ($p=0,0001$). A *P. inundata* okozta károk enyhébbek voltak, mint a *P. lacustris* ($p=0,0020$) által okozottak, és erősségük nem különbözött szignifikáns mértékben a *P. gonapodyides* által okozottaktól ($p=0,4745$). A *P. lacustris* szignifikánsan súlyosabban károsította a csemeték gyökérzetét, mint a *P. gonapodyides* ($p=0,0006$). A *P. taxon raspberry* által okozott gyökérpusztulás mértéke nem tért el szignifikánsan a *P. inundata* ($p=0,1729$), *P. lacustris* ($p=0,1434$) vagy a *P. gonapodyides* ($p=0,0665$) által okozottól.



5.27. ábra: A csemetefertőzési kísérlet eredményei. A.: A talajon keresztül fertőzött csemeték gyökérzetének egészségi állapota. B.: A sebinokulációval fertőzött csemetéken kialakult nekrotizisok területe. C.: A sebinokulációval fertőzött csemeték egészségi állapota, a hajtás tüneteinek alapján. D.: A sebinokulációval fertőzött csemeték egészségi állapota, a gyökérzet tüneteinek alapján.

Törzsfertőzési kísérlet

A kísérlet folyamán összesen négy csemete pusztult el. Mind a négy *P. alni* *subsp. multififormis*-szal volt fertőzve.

A Kruskal-Wallis nemparametrikus ANOVA eredményei alapján, a hajtások egészségi állapota az egyes kezelési csoportokban szignifikánsan eltérő volt ($p=0,0011$; 5.27. C ábra). Bár a csemeték ültető-közegét nem fertőztem meg *Phytophthora* fajokkal, a gyökérzet egészségi állapotába is szignifikáns eltérés tapasztalható az egyes kezelési csoportok között ($p=0,0007$; 5.27. D ábra). A fertőzés következtében kialakult nektrózisok mérete is szignifikánsan eltérő volt az egyes kórokozók esetén ($p=0,0000$; 5.27. B ábra).

A Mann-Whitney U-teszt páronkénti összehasonlításai alapján, a hajtások egészségi állapota a *P. alni* *ssp. multififormis* -szal fertőzött csoport esetében sokkal gyengébb volt, mint a kontroll ($p=0,0244$), *P. taxon raspberry*-val fertőzött ($p=0,0081$), *P. gonapodyides*-szel fertőzött ($p=0,0027$) vagy a *P. inundata*-val fertőzött ($p=0,0114$) csoportok esetében. A *P. lacustris*-szal fertőzött csemeték föld feletti részeinek egészségi állapota azonban nem tért el szignifikánsan a *P. alni* *ssp. multififormis* -szal fertőzött csemeték esetében tapasztalttól ($p=0,5228$). A *P. lacustris*-szal fertőzött csemeték hajtásának egészségi állapota szignifikánsan rosszabb volt, mint a *P. taxon raspberry*-val ($p=0,0380$), *P. gonapodyides*-szel ($p=0,0131$) vagy *P. inundata*-val ($p=0,0487$) fertőzött csemetéké. A *P. lacustris*-szal fertőzött csoport esetében a hajtás egészségi állapota nem tért el szignifikánsan a *P. alni* *ssp. multififormis* -szal fertőzött csoportétól.

Annak ellenére, hogy csak a törzs sebzésével végeztem a kísérletet, szignifikáns különbségek adódtak a kezelési csoportok között a gyökérzet egészségi állapotában. A gyökérzet is a *P. alni* *ssp. multififormis* -szal fertőzött csemeték esetében károsodott a legnagyobb mértékben. Ennél a csoportnál a pusztulás mértéke szignifikánsan nagyobb volt, mint a kontroll ($p=0,0114$), *P. taxon raspberry*-vel fertőzött ($p=0,0401$), vagy a *P. inundata*-val fertőzött ($p=0,0309$) csemetéké. A kontroll csemeték gyökérzetéhez képest, a *P. lacustris* is szignifikáns gyökérpusztulást okozott ($p=0,0177$), bár hatása nem volt szignifikánsan eltérő a másik három, a sebfertőzéshez felhasznált fajétól. A *P. alni* *ssp. multififormis* és a *P. lacustris* ezek alapján, képes arra, hogy a szállítószöveteken keresztül, másodlagosan megfertőzze a gyökereket is.

Minden, a törzsfertőzéshez felhasznált *Phytophthora* faj az éger csemeték kórokozójának bizonyult ($p=0,0001$). A legnagyobb kiterjedésű nektrózisokat a *P. alni* *ssp. multififormis* törzs okozta (legkisebb: 0 mm^2 , átlag: $502,32 \text{ mm}^2$, legnagyobb: $1350,90 \text{ mm}^2$). Ezek a nektrózisok szignifikánsan nagyobb területűek voltak, mint a *P. lacustris* által (legkisebb: $31,42 \text{ mm}^2$, átlag: $132,59 \text{ mm}^2$, legnagyobb: $522,29 \text{ mm}^2$; $p=0,0309$), *P. taxon raspberry* által (legkisebb: $7,85 \text{ mm}^2$, átlag: $56,51 \text{ mm}^2$, legnagyobb: $188,5 \text{ mm}^2$; $p=0,0031$), *P. gonapodyides* által (legkisebb: 0 mm^2 , átlag: $45,61 \text{ mm}^2$, legnagyobb: $78,54 \text{ mm}^2$; $p=0,0031$) vagy a *P. inundata* által (legkisebb: 0 mm^2 , átlag: $33,68 \text{ mm}^2$, legnagyobb: $66,76 \text{ mm}^2$; $p=0,0008$) okozottak. A *P. lacustris* által okozott nektrózisok szintén szignifikánsan nagyobb területűek voltak, mint a *P. taxon raspberry* ($p=0,0027$), *P. gonapodyides* ($p=0,0040$) vagy *P. inundata* ($p=0,0001$) által okozottak.

5.4.3. Madárcseresznye csemeték mesterséges fertőzése

Az alkalmazott talajtípusok jellemzői

A pusztuló erdőrésztetre jellemző és a kontrollként alkalmazott talajtípus jellemző paramétereit foglalja össze a 5.25 táblázat.

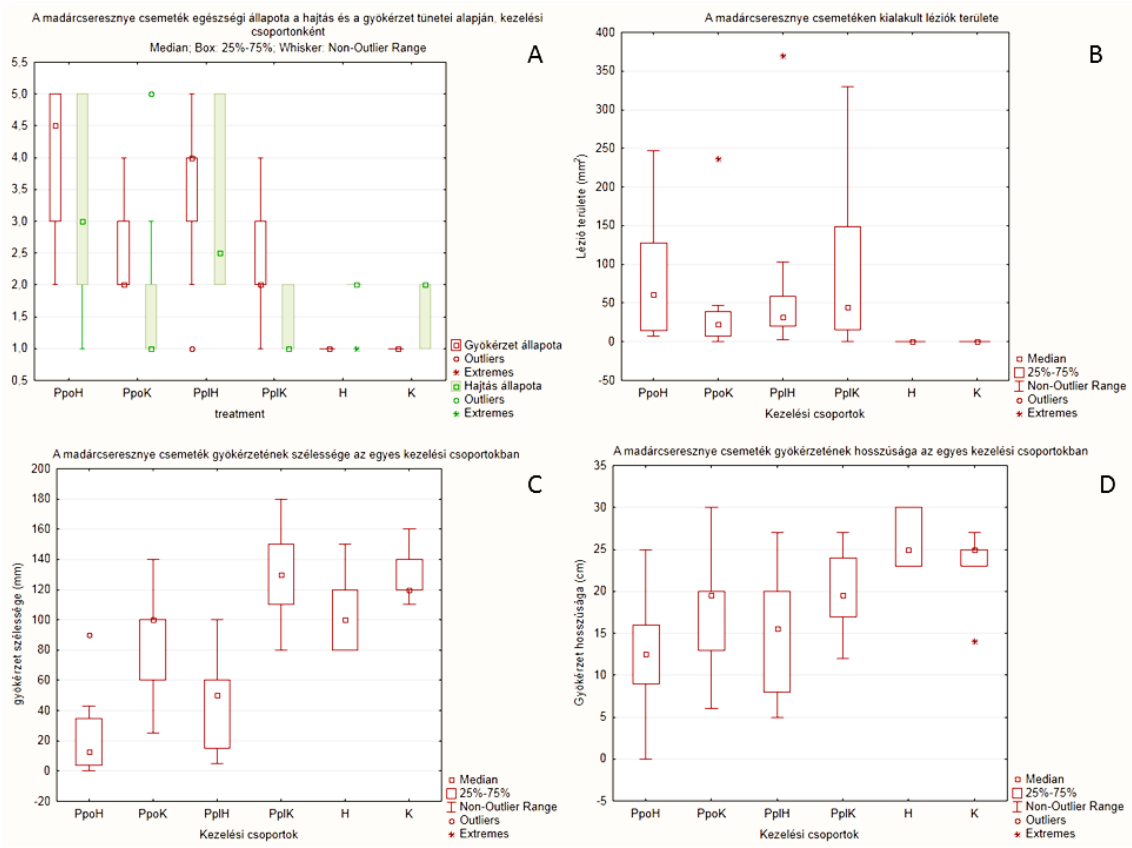
5.25. táblázat: A madárcseresznye csemeték ültetéséhez felhasznált talajok jellemzői

	Sárvár	Kontrol
Textúra (% Homok, vályog, agyag)	61, 24, 15	12, 54, 34
pH (0.02 M CaCl ₂)	5.06	7.35
Ca (mg kg ⁻¹)	3819.39	6983.97
Mg (mg kg ⁻¹)	604.76	700.45
K (mg kg ⁻¹)	269.37	431.95
N (mg kg ⁻¹)	<5.20	14.83
Mn (mg kg ⁻¹)	67.81	6.95
Fe (mg kg ⁻¹)	2.75	<1.60
Zn (mg kg ⁻¹)	1.27	<1.20
Al (mg kg ⁻¹)	3.52	<2.00
CEC (mmol _c /kg)	125.13	209.03
Bázis telítettség (%)	98.80	99.94

A fertőzési kísérlet eredménye

A kísérlet során összesen tíz csemete pusztult el; ezek közül öt a homokos-vályog, *P. polonica*-val fertőzött, négy a homokos-vályog, *P. plurivora*-val fertőzött, egy pedig a vályog, *P. polonica*-val fertőzött csoportba tartozott. Az egyes csoportokba tartozó csemeték átlagos adatait foglalja össze a 17. sz. melléklet, a gyökérzet kialakult tüneteket mutatja be a 18. Melléklet.

A Shapiro-Wilks teszt alapján, a normális eloszlás feltétele csak a gyökérzet hosszúsága adatok esetében teljesült ($p=0,34169$) $\alpha=0,05$ szignifikancia-szinten, így a gyökérzet hosszúsága adatsor esetében az egyes kezelési csoportok összehasonlítására ANOVA-t használtam. Az eredményeim alapján, az egyes kezelési csoportok között szignifikáns különbség mutatkozik $\alpha=0,05$ szignifikancia-szinten ($p=0,001433$). Az egyes kezelési csoportok néhány fontosabb tulajdonságát szemlélteti a 5.28. ábra.



5.28. ábra: A madárcseresznye cseméték néhány értékelt vagy mért tulajdonsága, kezelési csoportonként. A.: a cseméték egészségi állapota. B.: A kialakult léziók területe. C.: A cseméték gyökérzetének szélessége. D.: A cseméték gyökérzetének hosszúsága. Kezelési csoportok: PpoH: *P. polonica*-val fertőzött, helyi talajba ültetett csemete, PpoK: *P. polonica*-val fertőzött, kontrol talajba ültetett csemete, PplH: *P. plurivora*-val fertőzött, helyi talajba ültetett csemete, PplK: *P. plurivora*-val fertőzött, kontrol talajba ültetett csemete; H: nem fertőzött, helyi talajba ültetett csemete, K: nem fertőzött, kontrol talajba ültetett csemete.

Az egyes csoportok páronkénti összehasonlításához t-tesztet használtam. A t-teszt eredményei alapján, a helyi öntéstalajba ültetett, *P. polonica*-val fertőzött cseméték gyökérzete szignifikánsan rövidebb volt, mint a kontrollként használt vályogos talajba ültetett, *P. plurivora*-val fertőzött csemetéké ($p=0,011$), vagy a helyi öntéstalajba ültetett, nem fertőzött csemetéké ($p=0,001$) és a kontroll talajba ültetett, nem fertőzött csemetéké ($p=0,010$) $\alpha=0,05$ szignifikancia-szinten. A kontroll talajba ültetett, *P. polonica*-val fertőzött cseméték gyökérzete szignifikánsan rövidebbnek bizonyult, mint a helyi talajba ültetett, nem fertőzött csemetéké ($p=0,027$) $\alpha=0,05$ szignifikancia-szinten. A helyi öntéstalajba ültetett, nem fertőzött cseméték gyökereinél mindkét *P. plurivora*-val fertőzött csoport csemétének gyökérzete rövidebbnek bizonyult (helyi talaj esetén $p=0,005$, kontrol talaj esetén $p=0,017$), $\alpha=0,05$ szignifikancia-szinten. A helyi talajba ültetett, *P. plurivora*-val fertőzött cseméték gyökérzete a kontrol talajba ültetett, nem fertőzött csemetékénél is szignifikánsan rövidebbnek bizonyult ($p=0,046$), $\alpha=0,05$ szignifikancia-szinten.

A többi vizsgált tulajdonság esetében a kezelési csoportok közötti eltéréseket nem-paraméteres tesztekkel vizsgáltam. A Kruskal-Wallis teszt alapján, szignifikáns eltérés jelentkezett minden egyes vizsgált paraméter tekintetében az egyes kezelési

csoporthoz, $\alpha=0,05$ szignifikancia-szinten. Ezek közül, a kapott átlag adatok alapján, feltételezhetően a hajtás állapotában ($p=0,0015$), a gyökérzet állapotában ($p=0,0000$), a gyökérzet szélességében ($p=0,0000$) és a kialakult nekrozisok területében ($p=0,0005$) mutatkozó eltérések függhetnek össze az eltérő kezelések hatásával. Ezen tulajdonságok esetében, az egyes kezelési csoportok páronkénti összehasonlítását a Mann-Whitney U-teszt alkalmazásával végeztem el, $\alpha=0,05$ szignifikancia-szint beállításával.

A gyökérzet állapota adatsorok esetében, a *P. polonica*-val fertőzött, helyi, homokos vályog fizikai féleségű talajba ültetett csemetek állapota bizonyult a legrosszabbnak. Szignifikánsan rosszabb egészségi állapota volt a gyökereknek ebben a csoportban, mint a szintén *P. polonica*-val fertőzött, de a kontroll talajba ültetetteké ($p=0,021135$), a *P. plurivora*-val fertőzött, kontroll talajba ültetetteké ($p=0,006426$), a nem fertőzött csoportoké (talajtípustól függetlenül, $p=0,001809$). A második leggyengébb állapotú csoport a *P. plurivora*-val fertőzött, helyi, homokos vályog talajba ültetett csoport volt. Szignifikánsan rosszabb egészségi állapotú volt a csemetek gyökere ebben a csoportban, mint a szintén *P. plurivora*-val fertőzött, de a kontroll talajtípusba ültetett csemeteké ($p=0,037636$), a nem fertőzött csoportokba tartozó csemeteké (talajtípustól függetlenül: $p=0,007051$). A *P. polonica*-val fertőzött, kontroll talajba ültetett csemetek gyökérzetének egészségi állapota az előbbi két csoportnál jobbnak bizonyult egy kicsivel. Az ide tartozó csemetek gyökérzete azonban szignifikánsan gyengébb egészségi állapotot mutatott, mint a két nem fertőzött csoportba tartozó csemetek esetében tapasztalt ($p=0,001545$, talajtípustól függetlenül). A fertőzött csemetek közül a kontroll talajba ültetett, *P. plurivora*-val fertőzött csemetek gyökérzetének egészségi állapota volt a legjobb, azonban ez is rosszabbnak bizonyult a két nem fertőzött csoportba tartozó csemetek állapotánál (talajtípustól függetlenül, $p=0,007051$).

A hajtások állapota a fertőzött, helyi, homokos vályog talajba ültetett csemetek esetében volt a legrosszabb. A *P. polonica*-val fertőzött, helyi talajba ültetett csemetek egészségi állapota szignifikánsan rosszabbnak bizonyult, mint a *P. polonica*-val fertőzött, de a kontrollként használt vályogtalajba ültetett csemeteké ($p=0,035463$). Ugyanez a csoport szignifikánsan gyengébbnek bizonyult a *P. plurivora*-val fertőzött, kontroll talajba ültetettekénél ($p=0,002879$) is. A *P. plurivora*-val fertőzött, helyi talajba ültetett csemetek egészségi állapota szignifikánsan rosszabbnak bizonyult a hajtások egészségi állapota alapján, mint a *P. polonica*-val fertőzött, kontroll vályogtalajba ültetetteké ($p=0,014690$), a *P. plurivora*-val fertőzött, szintén kontroll talajba ültetetteké ($p=0,000487$) vagy a nem fertőzött, kontroll talajba ültetett csemeteké ($p=0,027972$).

A gyökérzet szélessége a *P. polonica*-val fertőzött, helyi talajba ültetett csemetek esetében volt a legkisebb. Szignifikánsan kisebbnek bizonyult a szintén *P. polonica*-val fertőzött, kontroll talajba ültetett csemetekénél ($p=0,000487$), a szintén helyi talajba ültetett, de *P. plurivora*-val fertőzött csemetekénél ($p=0,035463$), a két, nem fertőzött csoportnál (helyi talajba ültetettek: $p=0,002664$; kontroll talajba ültetettek: $p=0,000666$) és a kontroll talajba ültetett, *P. plurivora*-val fertőzött csemetekénél ($p=0,000022$). A *P. plurivora*-val fertőzött, helyi talajba ültetett csemetek gyökérzetének szélessége volt a második legalacsonyabb. Szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a *P. polonica*-val fertőzött, kontroll talajba ültetetteké ($p=0,018543$), a nem fertőzött, helyi talajba ültetetteké ($p=0,002666$), a nem fertőzött, kontroll talajba ültetetteké ($p=0,000666$) és a *P. plurivora*-val fertőzött, kontroll talajba ültetetteké ($p=0,000022$).

A sebfertőzési kísérlet esetén, az eltérő talajtípus nem befolyásolta a kialakult nekrozisok méretét szignifikánsan. A nem fertőzött csemetek esetében megfigyelhetőnél azonban, a *P. polonica*-val fertőzött, helyi talajba ültetett csemetekén szignifikánsan

nagyobb nektrózisok alakultak ki (helyi talaj: $p=0,000666$; kontroll talaj: $p=0,000666$). A *Phytophthora polonica*-val fertőzött, kontroll talajba ültetett csemetéken kialakult nektrózisok területe is szignifikánsan nagyobb volt, mint a kontroll csemetéké (helyi talaj: $p=0,012654$; kontroll talaj: $p=0,012654$). A *P. plurivora* által okozott nektrózisok is szignifikánsan nagyobbak voltak, mint a kontroll csemeték esetében. A *P. plurivora*-val fertőzött, helyi talajba ültetett csemetéken kialakult nektrózisok a kontroll csemetéken tapasztaltnál, szignifikánsan nagyobbak voltak (talajtípustól függetlenül $p=0,000666$). A *P. plurivora*-val fertőzött, kontroll talajba ültetett csemetéken is szignifikánsan nagyobb nektrózisok alakultak ki, mint a kontroll csemeték esetében (talajtípustól függetlenül, $p=0,002664$).

A faktoriális ANOVA eredménye alapján, a gyökérzet hosszúsága adatsorok esetében az egyes csoportok között szignifikáns eltérés van ($p=0,000000$). A talajtípus az eltérést nem magyarázza ($p=0,15841$; az eltérés nem szignifikáns), a kórokozó azonban igen ($p=0,001281$), míg a két tényező együttes hatása sem szignifikáns ($p=0,113563$).

A gyökérzet állapota adatsorok esetében, a talajtípus ($p=0,0153$) és a kórokozó ($p=0,0000$) is szignifikáns mértékű eltérést okozott. A gyökérzet szélessége adatsor esetében szintén a kórokozó ($p=0,0020$) és a talaj hatása ($p=0,0000$) is szignifikánsnak bizonyult. A hajtás állapota adatsorok esetében csak a talaj hatása bizonyult szignifikánsnak ($p=0,000$), míg a kialakult nektrózis területe adatsor esetén csak a kórokozó hatása volt szignifikáns ($p=0,0000$).

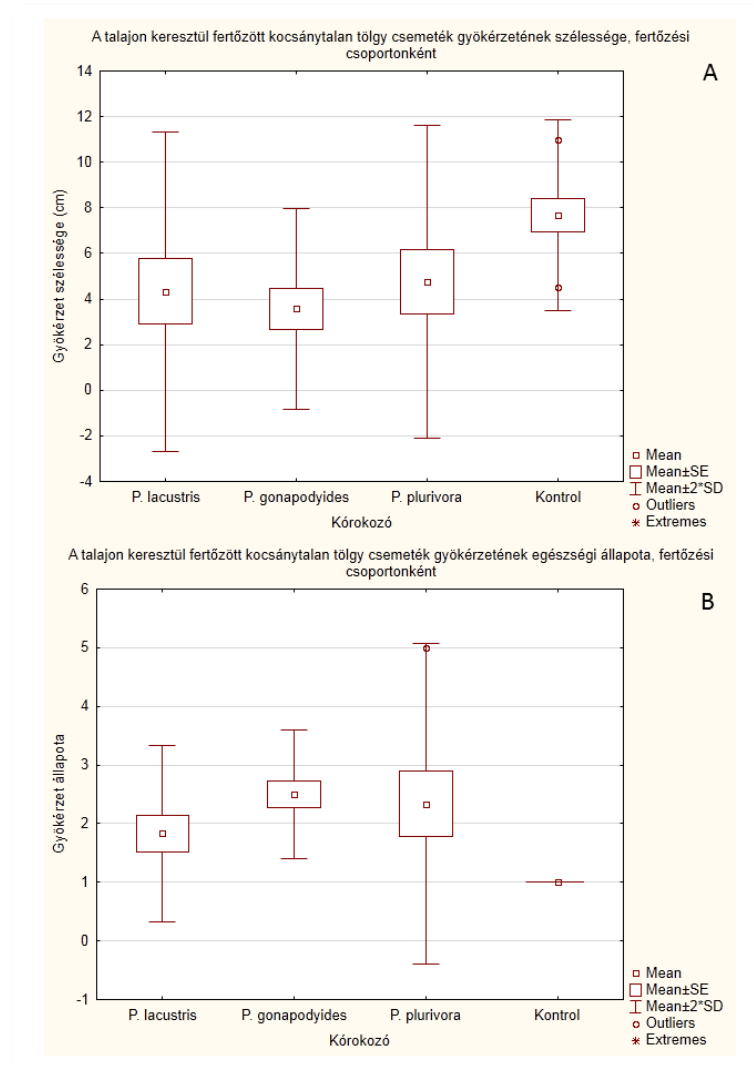
5.4.4. Kocsánytalan tölgy csemeték mesterséges fertőzése

A csemeték mért vagy értékelt adatait részletesen a 19. sz. melléklet tartalmazza.

Talajfertőzési kísérlet

A kísérlet ideje alatt egy *P. plurivora*-val fertőzött csemete pusztult el. A csemeték átlagos egészségi állapota a hajtások tünetei alapján az egyes fertőzési csoportokban a következőképpen alakult: *P. lacustris*-szal fertőzött: 1,83; *P. gonapodyides*-szel fertőzött: 2,5; *P. plurivora*-val fertőzött: 2,33; kontroll: 1. A gyökérzet vizsgálata alapján az egyes csoportok átlagos egészségi állapota: *P. lacustris*-szal fertőzött: 1; *P. gonapodyides*-szel fertőzött: 1; *P. plurivora*-val fertőzött: 1,67; kontroll: 1.

A Shapiro-Wilk teszt alapján, a normál eloszlás az alábbi paraméterek esetén teljesült: hajtás hossza ($p=0,48703$), átmérő ($p=0,41729$), gyökérzet hossza ($p=0,59655$), gyökérzet szélessége ($p=0,41564$). Mind a négy tulajdonság tekintetében szignifikáns különbség volt megfigyelhető az ANOVA alapján ($p=0,0000$ mind a négy tulajdonság esetén). A mért értékek, illetve a t-teszt eredményei alapján feltételezhetően a gyökérzet szélességében tapasztalható változás volt a kórokozók hatásának betudható (5.29.A ábra). A t-tesztek alapján, a vizsgált *P. lacustris* (legkisebb: 10mm, átlag: 43,3 mm, legnagyobb: 100 mm; $p=0,044359$) és *P. gonapodyides* (legkisebb: 5mm, átlag: 35,59 mm, legnagyobb: 50 mm; $p=0,003923$) törzs szignifikáns mértékben csökkentette a gyökérzet szélességét a nem fertőzött kontrol (legkisebb: 45mm, átlag: 76,9 mm, legnagyobb: 110 mm) csemetékéhez képest. A *P. plurivora* szintén csökkentette a gyökérzet szélességét (legkisebb: 0 mm, átlag: 47,5 mm, legnagyobb: 100 mm), de a különbség a kontroll csemetékkel összevetve, nem szignifikáns ($p=0,069455$). A vizsgált törzsek okozta gyökérvárosítás a gyökérszélesség adatok alapján nem különbözik szignifikáns mértékben.



5.29. ábra: A talajon keresztül fertőzött csemeték gyökérzetének szélessége (A) és egészségi állapota (B), fertőzési csoportonként

A gyökérzet állapota adatsor (5.29.B ábra) esetében, a Kruskal-Wallis nem parametrikus ANOVA szignifikáns különbséget mutatott ki az egyes kezelési csoportok között, $\alpha=0,05$ szignifikancia szinten ($p=0,0019$). A Mann-Whitney U-teszt páronkénti összehasonlításai alapján, mindhárom *Phytophthora* faj szignifikáns mértékben rontotta a csemeték gyökérzetének állapotát (*P. plurivora*-kontrol: $p=0,007992$, *P. gonapodyides*-kontrol: $0,000666$, *P. lacustris*-kontrol: $p=0,042624$); míg az egyes fajok hatása között nem volt szignifikáns eltérés kimutatható.

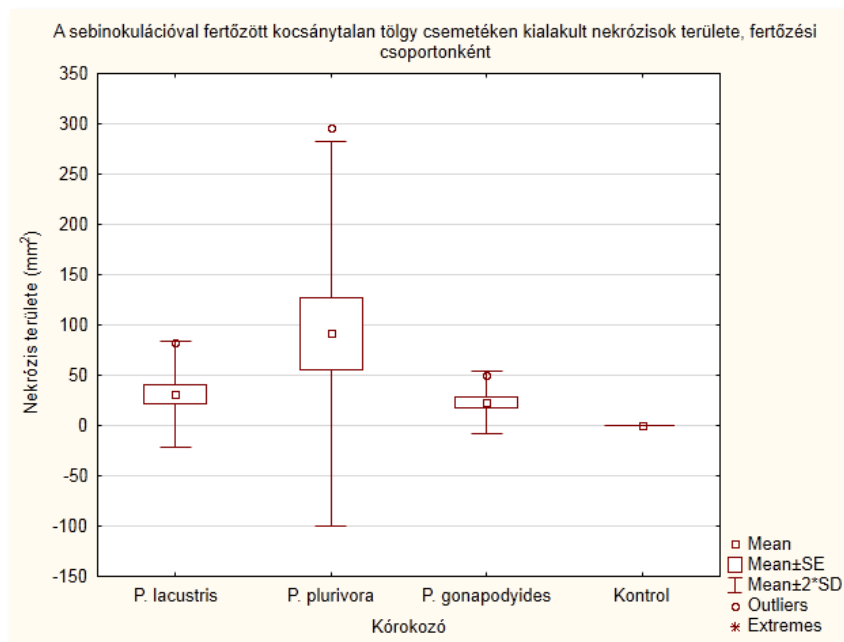
Törzsfertőzési kísérlet

A kísérlet során két csemete pusztult el. Mindkettő *P. plurivora*-val volt inokulálva. A hajtások átlagos egészségi állapota az egyes csoportokban a következőképpen alakult: *P. lacustris*: 1,42; *P. gonapodyides*: 1,13; *P. plurivora*: 2,14; kontrol: 1.

A Shapiro-Wilks teszt eredményei szerint, a normál eloszlás a hajtás hossza és a gyökfő átmérője adatsorokra teljesül. A t-teszt eredménye alapján, $\alpha=0,05$ -ös szignifikancia szinten, nem volt szignifikáns különbség e két tulajdonság tekintetében az egyes fertőzési csoportok között.

A kialakult nektrózisok területe (5.30. ábra) nem volt normál eloszlású (Shapiro-Wilks teszt, $p=0,00000$), így a fertőzési csoportok közti eltérést Kruskal-Wallis nem-paraméteres ANOVA segítségével vizsgáltam. Eszerint, az egyes fertőzési csoportok között szignifikáns eltérés van ($p=0,0038$, $\alpha=0,05$). A Mann-Whitney U-teszt segítségével kimutatható, hogy a kontroll csemetéktől szignifikánsan eltér mindhárom fertőzött csoport. A *P. plurivora* okozta a legnagyobb területű nektrózisokat (legkisebb: $15,71 \text{ mm}^2$, átlag: $161,68 \text{ mm}^2$, legnagyobb: $592,18 \text{ mm}^2$; a kontroll csemetéktől való eltérés: $p=0,006061$), ennél kisebb, közel azonos területű nektrózisokat okozott a *P. lacustris* (legkisebb: $7,07 \text{ mm}^2$, átlag: $31,30 \text{ mm}^2$, legnagyobb: $82,47 \text{ mm}^2$ $p=0,006061$) és a *P. gonapodyides* (legkisebb: $3,93 \text{ mm}^2$, átlag: $22,78 \text{ mm}^2$, legnagyobb: $50,27 \text{ mm}^2$ $p=0,004040$). A *P. plurivora* a *P. gonapodyides*-nél szignifikánsan nagyobb területű nektrózisokat okozott ($p=0,040093$). A *P. plurivora*-*P. lacustris*, illetve a *P. lacustris*-*P. gonapodyides* törzsek által okozott nektrózisok területe között nem volt kimutatható szignifikáns különbség.

A hajtások egészségi állapotát a Kruskal-Wallis nem paraméteres ANOVA segítségével vizsgáltam, mivel a felhasznált értékek nem voltak folyamatosak. A teszt nem mutatott ki szignifikáns különbséget az egyes fertőzési csoportok között ($p=0,5680$).



5.30. ábra: A sebinokulációval fertőzött kocsánytalan tölgy csemetéken kialakult nektrózisok területe, fertőzési csoportonként

5.5. A védekezési lehetőségek összehasonlító vizsgálatának eredménye

A 20. sz. mellékletben látható, összesített biometriai adatok alapján elmondható, hogy a mikorrhizált csemeték az összes vizsgált paraméter tekintetében jobb értékekkel jellemezhetők, mint a nem mikorrhizáltak.

A mikorrhizált, fertőzött csemeték közül egy sem pusztult el, miközben a nem mikorrhizáltak több, mint 10%-a elpusztult (összesen 4,5 csemete). A tösebbe fertőzött csemetéknél a kéregelhalás mérete a mikorrhizáltaknál lényegesen kisebb, mint a nem mikorrhizált csemetéknél. A mikorrhizált csemeték gyökérzete minden esetben egészséges, tünetmentes volt, míg a nem mikorrhizáltak gyökérzetének állapota

átlagosan csak 3.-as fokozatú, sok a ritka, részben vagy teljesen elhalt gyökérszerű csemete.

A nem mikorrhizált, fertőzött csemeték esetében a foszfittal kezelték mind életben maradtak, míg a réz-oxikloriddal kezelték jelentős része (több mint 30%) elpusztult.

A mikorrhizált csemeték esetében a foszfittal történt kezelés nem károsította a mikorrhizáltságot, de a rézoxikloriddal kezelt csemeték esetében a mikorrhizáltság az átlagosnál gyengébb lett.

A nem mikorrhizált csemeték esetében is előfordult kevés, részleges mikorrhizáltság.

5.5.1. A mikorrhizáltság hatása

Annak ellenére, hogy természetes módon, részlegesen mikorrhizálódott gyökérszerű csemeték is találtunk, a mesterséges mikorrhizálás hatása szignifikáns volt a csemeték gyökérszerűségének mikorrhizáltsága tekintetében (Kruskal-Wallis ANOVA alapján, p érték: 0,0010, a páronkénti összehasonlítás eredményeit a 5.26. táblázat tartalmazza.)

5.26. táblázat: *Eltérések az egyes csoportokba tartozó csemeték gyökérszerűségének mikorrhizáltsága között. (A pirossal jelölt értékek szignifikánsak $\alpha=0,05$ szinten a Mann-Whitney U tesztek eredményei alapján.). Jelölések: MK: mikorrhizált kontrol, MCU: mikorrhizált és réz-oxikloriddal kezelt, MP: mikorrhizált és foszfittal kezelt, K: kontrol.*

	MK	MCU	MP
K	0,001505	0,011496	0,000206
MK	-	0,393048	0,739364
MCU			0,190316

A nem fertőzött csemeték esetében, a mikorrhizált csemeték egészségi állapota sem a hajtás, sem a gyökérszerűség tekintetében nem különbözött el a nem mikorrhizáltakétól (Kruskal-Wallis ANOVA: $p_{\text{hajtás}}=0,3916$; $p_{\text{gyökér}}=0,3475$).

A felvett biometriai paraméterek esetében, minden esetben teljesült a normális eloszlás és a szórás-homogenitás feltétele, így paraméteres tesztek (ANOVA és t-tesztek) végezhetünk. Az ANOVA eredményei alapján, a hajtás hossza ($p=0,442039$) és a gyökérszerűség szélessége ($p=0,656335$) tekintetében nem mutatkozott szignifikáns eltérés a mikorrhizált és a nem mikorrhizált csemeték között. A gyökérszerű terület azonban a mikorrhizált csemeték esetében szignifikánsan nagyobb volt, mint a nem mikorrhizáltaké (Kruskal-Wallis ANOVA $p=0,000000$; 5.27. táblázat).

5.27. táblázat: *Eltérések a kezelési csoportok között, a gyökfő kerülete adatsor alapján. (A pirossal jelölt eltérések szignifikánsak $\alpha = 0,05$ szinten a Mann-Whitney U tesztek eredményei alapján.) Jelölések: MK: mikorrhizált kontrol, MCu: mikorrhizált és réz-oxikloriddal kezelt, MP: mikorrhizált és foszfittal kezelt, K: kontrol*

	MK	MCU	MP
K	0,008365	0,00372	0,035114
MK	-	0,730532	0,517101
MCU		-	0,698302

A gyökérzet hossza a mikorrhizált és réz-oxikloriddal kezelt csemetek esetében szignifikánsan hosszabbnak bizonyult, mint az összes többi nem fertőzött csoportnál (5.28. táblázat).

5.28. táblázat: *Eltérések a kezelési csoportok között, a gyökérzet hossza adatsor alapján. (A pirossal jelölt eltérések szignifikánsak $\alpha = 0,05$ szinten, a Mann-Whitney U tesztek eredményei alapján.) Jelölések: MK: mikorrhizált kontrol, MCu: mikorrhizált és réz-oxikloriddal kezelt, MP: mikorrhizált és foszfittal kezelt, K: kontrol*

	MK	MCU	MP
K	0,527987	0,025517	0,811153
MK	-	0,004508	0,614105
MCU		-	0,006251

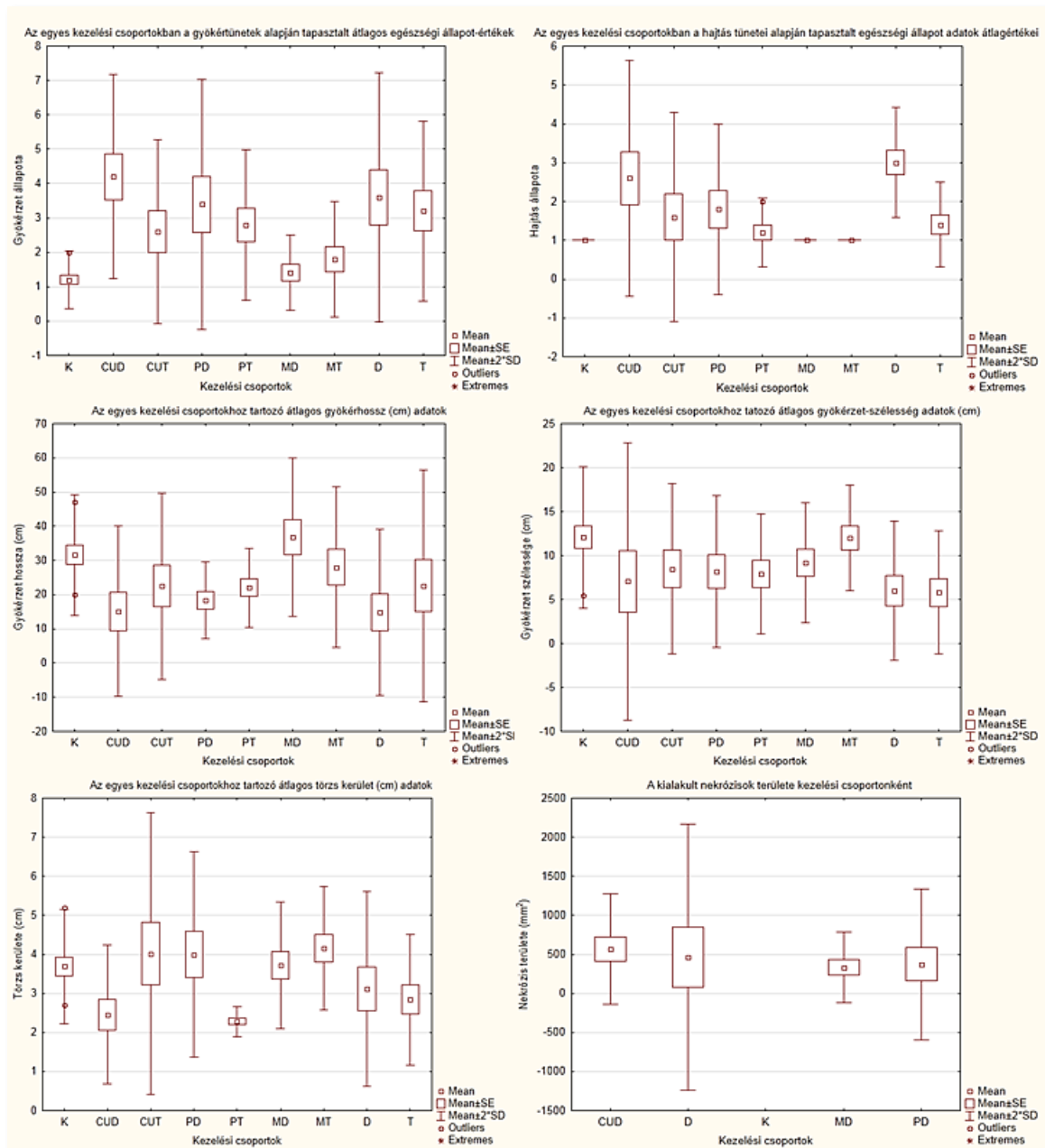
Az összes csemete bevonásával végzett Spearmann rangkorreláció nem mutatott ki szignifikáns összefüggést a mikorrhizáltság mértéke és a mért vagy skála alapján értékelt tulajdonságok között.

5.5.2. A vegyszeres kezelések hatása a mikorrhizáltságra

A réz-oxikloridos kezelés ugyan kis mértékben csökkentette a csemetek gyökérzetének mikorrhizáltságát (ld. 20. sz. melléklet átlag adatai), de szignifikáns mértékű eltérés a három nem fertőzött, mikorrhizált csoport között mikorrhizáltság tekintetében nem mutatkozott (Kruskal-Wallis ANOVA: $p=0,3766$).

5.5.3. Különböző kezelések eredményessége

A kezelési csoportokban az egyes tulajdonságokra kapott átlag, minimum és maximum értékeket a 20. sz. melléklet tartalmazza. Az egyes tulajdonságok kezelési csoportonkénti átlagait foglalja össze a 5.31. ábra.



5.31. ábra: A mért vagy értékelt tulajdonságok kezelési csoportonkénti átlagértékei. Kezelési csoportok: K: kontrol, MK: mikorrhizált kontrol, MT: mikorrhizált, talajfertőzött, MD: mikorrhizált, tösebbe és talajon keresztül fertőzött, CUT: talajfertőzött és réz-oxikloriddal permetezett, CUD: tösebbe és talajon keresztül fertőzött, réz-oxikloriddal permetezett; PD: tösebbe és talajon keresztül fertőzött, foszfittal kezelt; PT: talajfertőzött, foszfittal kezelt.

A cseteték föld feletti részeinek egészségi állapota a nem fertőzött kontroll és a mikorrhizált cseteték esetében volt a legjobb. Ezek szignifikánsan jobbnak bizonyultak, mint a tösebbe és talajon keresztül is fertőzött cseteték esetében tapasztalt egészségi állapot érték (5.28 táblázat). Kis mértékben romlott a talajfertőzött és foszfittal kezelt cseteték állapota a kontrollhoz képest, azonban még ezek állapota is szignifikánsan jobbnak bizonyult a tösebbe és talajon keresztül is fertőzött csetetékénél (5.28. táblázat). Általában elmondható, hogy a csak talajon keresztül fertőzött cseteték egészségi állapota a hajtásokon jelentkező tünetek alapján jobb volt,

mint az ugyanolyan kezelésben részesülő, de többbe is fertőzött csemetéké. Ez az eltérés azonban csak a nem permetezett és nem is mikorrhizált csemeték esetében volt szignifikáns mértékű (5.29. táblázat).

5.29. táblázat: Az egyes kezelési csoportok közti különbségek a csemeték hajtásainak egészségi állapota alapján. (A pirossal jelölt eltérések szignifikánsak $\alpha=0,05$ szinten, a Mann-Whitney U teszt alapján.). Jelölések: K: kontrol, D: talajba és többbe fertőzött, T: csak talajba fertőzött, CuD: talajba és többbe fertőzött, réz-oxikloriddal kezelt, CuT: csak talajon keresztül fertőzött, réz-oxikloriddal kezelt, PD: talajba és többbe fertőzött, foszfittal kezelt, PT: talajon keresztül fertőzött, foszfittal kezelt, MT: mikorrhizált, talajon keresztül fertőzött MD: mikorrhizált, talajon keresztül és többbe fertőzött csemete.

	K	D	T	CuD	CuT	PD	PT	MD
D	0,002694							
T	0,244624	0,021572						
CuD	0,075754	0,916815	0,296271					
CuT	0,581541	0,117186	0,834532	0,403396				
PD	0,244624	0,143673	0,754023	0,403396	0,834532			
PT	0,581541	0,016294	0,676104	0,210076	1,000000	0,530870		
MD	0,951170	0,012186	0,347208	0,143673	0,676104	0,347208	0,676104	
MT	0,951170	0,012186	0,347208	0,143673	0,676104	0,347208	0,676104	0,916815

A gyökérzet állapota a nem fertőzött kontroll csemeték esetében bizonyult a legjobbnak. Szignifikánsan romlott a gyökérzet egészségi állapota minden fertőzött, nem mikorrhizált csoport esetében (5.30. táblázat). A mikorrhizált csemeték gyökérzete azonban nem volt szignifikánsan rosszabb állapotban, mint a nem fertőzött csemetéké. Legrosszabb egészségi állapotban a többbe és talajon keresztül is fertőzött, réz-oxikloriddal permetezett csemeték gyökérzete volt. Ezek állapota szignifikánsan rosszabb volt, mint a mikorrhizált csemetéké, fertőzési módtól függetlenül. A többbe és talajon keresztül is fertőzött, mikorrhizált csemeték gyökérzetének egészségi állapota kis mértékben tért csak el a nem fertőzött kontroll csoportnál tapasztalttól, és szignifikánsan jobbnak bizonyult, mint a nem permetezett, nem mikorrhizált csemeték állapota, fertőzési módtól függetlenül (5.30. táblázat).

5.30. táblázat: Az egyes kezelési csoportok közötti különbségek a csemeték gyökérzetének egészségi állapota alapján. (A pirossal jelölt eltérések szignifikánsak $\alpha=0,05$ szinten a Mann-Whitney U teszt eredményei alapján.. Jelölések: K: kontrol, D: talajba és tősebbe fertőzött, T: csak talajba fertőzött, CuD: talajba és tősebbe fertőzött, réz-oxikloriddal kezelt, CuT: csak talajon keresztül fertőzött, réz-oxikloriddal kezelt, PD: talajba és tősebbe fertőzött, foszfittal kezelt, PT: talajon keresztül fertőzött, foszfittal kezelt, MT: mikorrhizált, talajon keresztül fertőzött MD: mikorrhizált, talajon keresztül és tősebbe fertőzött csemete.

	K	D	T	CuD	CuT	PD	PT	MD
D	0,005857							
T	0,005857	0,834532						
CuD	0,004000	0,676104	0,347208					
CuT	0,012049	0,347208	0,464703	0,174526				
PD	0,032089	0,834532	0,916815	0,601508	0,676104			
PT	0,023466	0,754023	0,834532	0,143673	0,530870	0,530870		
MD	0,581541	0,036715	0,036715	0,021572	0,094694	0,117186	0,075801	
MT	0,198450	0,117186	0,117186	0,036715	0,403396	0,210076	0,174526	0,530870

A gyökérzet hossza (5.31. táblázat) és gyökérzet szélessége (5.32. táblázat) esetében is hasonló tendencia volt tapasztalható. Mindkét tulajdonság esetében a kontroll és a mikorrhizált csemeték állapota volt a legjobb. A gyökérzet hossza adatsor esetében a kontroll csemeték gyökérzetének átlagos hossza szignifikánsan nagyobb volt, mint a tősebbe és talajon keresztül is fertőzött, réz-oxikloriddal vagy foszfit hatóanyagú műtrágyával permetezett csemeték gyökérzete. A csak talajon keresztül fertőzött, foszfit tartalmú tápoldattal permetezett csemeték gyökérzete szintén szignifikánsan rövidebbnek bizonyult, mint a kontroll csemetéké (5.31. táblázat). A mikorrhizált, tősebbe és talajon keresztül is fertőzött csemeték esetében a gyökérzet szignifikánsan hosszabbnak bizonyult, mint a többi fertőzött csoportnál (5.31. táblázat).

5.31. táblázat: Az egyes kezelési csoportok közötti különbségek a csemeték gyökérzetének hossza alapján. (A pirossal jelölt eltérések szignifikánsak $\alpha=0,05$ szinten a *t*-tesztek eredményei alapján.). Jelölések: K: kontrol, D: talajba és tősebbe fertőzött, T: csak talajba fertőzött, CuD: talajba és tősebbe fertőzött, réz-oxikloriddal kezelt, CuT: csak talajon keresztül fertőzött, réz-oxikloriddal kezelt, PD: talajba és tősebbe fertőzött, foszfittal kezelt, PT: talajon keresztül fertőzött, foszfittal kezelt, MT: mikorrhizált, talajon keresztül fertőzött, MD: mikorrhizált, talajon keresztül és tősebbe fertőzött csemete.

	K	D	T	CuD	CuT	PD	PT	MD
D	0,118713	-						
T	0,190716	0,427286	-					
CuD	0,010388	0,96819	0,44928	-				
CuT	0,137509	0,372655	0,992041	0,39662	-			
PD	0,009244	0,575116	0,604992	0,616662	0,541088	-		
PT	0,046712	0,265323	0,942083	0,294132	0,941466	0,333773	-	
MD	0,34805	0,018924	0,16033	0,021339	0,110927	0,012303	0,033481	-
MT	0,513381	0,119187	0,574569	0,131118	0,513276	0,14509	0,335585	0,267167

A gyökérzet szélessége adatsor kevésbé finom osztályozást tett lehetővé. Ennél a paraméternél is a nem fertőzött kontroll és a fertőzött, de mikorrhizált csemeték esetében kaptuk a legmagasabb értékeket. Szignifikáns eltéréseket három esetben tapasztaltunk. A kontroll csemeték gyökérzetének átlagos szélessége szignifikánsan nagyobb volt, mint a két fertőzött csoport esetében tapasztalt (5.32. táblázat). A kezelési csoportok közül, a mikorrhizált és csak talajon keresztül fertőzött csemeték esetében tapasztaltunk szignifikánsan nagyobb szélesség értékeket, mint a nem mikorrhizált, csak talajon keresztül fertőzött csemeték esetében (5.32. táblázat).

5.32. táblázat: Az egyes kezelési csoportok közötti különbségek a csemeték gyökérzetének szélessége alapján. (A pirossal jelölt eltérések szignifikánsak $\alpha=0,05$ szinten a *t*-tesztek eredményei alapján.). Jelölések: K: kontrol, D: talajba és tősebbe fertőzött, T: csak talajba fertőzött, CuD: talajba és tősebbe fertőzött, réz-oxikloriddal kezelt, CuT: csak talajon keresztül fertőzött, réz-oxikloriddal kezelt, PD: talajba és tősebbe fertőzött, foszfittal kezelt, PT: talajon keresztül fertőzött, foszfittal kezelt, MT: mikorrhizált, talajon keresztül fertőzött, MD: mikorrhizált, talajon keresztül és tősebbe fertőzött csemete.

	K	D	T	CuD	CuT	PD	PT	MD
D	0,015767							
T	0,011091	0,934519						
CuD	0,120787	0,794968	0,75271					
CuT	0,152691	0,396843	0,342657	0,737121				
PD	0,109692	0,424669	0,363525	0,784211	0,920295			
PT	0,068851	0,437648	0,364684	0,832478	0,826405	0,905933		
MD	0,196038	0,207305	0,159483	0,593286	0,798585	0,6957	0,563297	
MT	0,973223	0,026636	0,017016	0,2272	0,207059	0,14509	0,077771	0,207305

A tősebbe is fertőzött csemeték esetében, a kialakult nekrozisok korrigált adatsorában is szignifikáns eltéréseket tapasztaltunk ($p=0,0004$; Kruskal –Wallis nem-parametrikus ANOVA). A kontroll csemeték esetében nem alakultak ki nekrozisok. A három fertőzött csoport esetében a nekrozisok területe szignifikánsan nagyobb volt,

mint a kontroll esetében tapasztalt (4.33. táblázat). A fertőzött csoportok között a legkisebb nektrózisok a mikorrhizált csemeték esetében alakultak ki (legkisebb: 102,1018 mm², átlag: 333,7942 mm², legnagyobb: 706,8583 mm²). Ez szignifikánsan kisebbnek bizonyult, mint a réz-oxikloriddal permetezett csemeték esetében mért (legkisebb: 471,0000 mm², átlag: 711,1780 mm², legnagyobb: 871,7920 mm²). A réz-oxikloriddal kezelt csemetéknél tapasztaltnál kis mértékben kisebb nektrózisok fordultak elő a foszfít hatóanyagú tápoldattal kezelt csemeték esetében (legkisebb: 314,1593 mm², átlag: 622,0353 mm², legnagyobb: 1178,0970 mm²), ez a különbség azonban nem volt szignifikáns. A legnagyobb területű nektrózisokat a nem mikorrhizált, nem permetezett csemeték esetében tapasztaltuk (legkisebb: 361,2832 mm², átlag: 1162,389 mm², legnagyobb: 1963,4950 mm²). A kísérlet során tapasztalt szórás értékek a foszfít hatóanyagú tápoldattal kezelt csemeték (482,4877) és a csak fertőzött csemeték (1132,935) esetében kifejezetten magas volt.

5.33. táblázat: Az egyes kezelési csoportok közötti különbségek a csemetéken kialakult nekrotikus területe alapján. (A pirossal jelölt eltérések szignifikánsak $\alpha=0,05$ szinten a Mann-Whitney U tesztek eredményei alapján.). Jelölések: K: kontrol, D: talajon keresztül és tősebbe fertőzött, CuD: talajon keresztül és tősebbe fertőzött, réz-oxikloriddal kezelt, PD: talajon keresztül és tősebbe fertőzött, foszfittal kezelt, MD: talajon keresztül és tősebbe fertőzött, mikorrhizált csemeték.

	K	D	CuD	PD
D	0,030303			
CuD	0,001998	1,000000		
PD	0,006993	0,800000	0,628571	
MD	0,000666	0,190476	0,031746	0,250000

6. Az eredmények értékelése

6.1. Az erdőállományokban előforduló *Phytophthora* fajok és jelentőségük az állományok egészségi állapotának változásában

6.1.1. Mézgás éger mintaterület

Az állomány egészségi állapotváltozásainak és az állapotváltozásokat befolyásoló kórokozók és környezeti tényezők közötti kapcsolatnak az alapos vizsgálatához, általános következtetések levonásához nagy bevont egyedszám és hosszú vizsgálati időszak lenne szükséges, ám a doktori kutatások lehetőségei korlátozottak. A rendszeresen felmért 20 mintafa két éves adatsora alapján azonban a kijelölt mintaterületen zajló változások tendenciái azonban következtetni engednek arra, hogy mely paraméterek alaposabb vizsgálata lenne célszerű a *Phytophthora* fajok ökológiai igényeivel és erdővédelmi szerepével kapcsolatos ismeretek bővítésére.

A mintaterületen talált gyökfőtünetek elsősorban a korábbi *P. alni*-fertőzésre utaló rákos sebek és szurokfoltok voltak. Friss folyással járó tünetet összesen három alkalommal, alkalmanként egy-egy fa esetében tapasztaltam. Így nem meglepő, hogy a fák állapota a gyökfőtünetek alapján (5.1. B ábra) stagnál. Egyes *Phytophthora* sp.-fásszárú gazdanövény kapcsolatokban a kórokozó a gyökereken keresztül nem képes felhatolni a törzsbe, azonban a gyökereket károsításával a fák sínylődését, majd pusztulását okozza (OBWALD és mtsai 2014). A gyökfőtünetek alapján mutatkozó változatlan egészségi állapot tehát nem zárja ki annak a lehetőségét, hogy a másodlagos koronátünetek alapján tapasztalt, szignifikánsan romló egészségi állapot (Kruskal-Wallis teszt, $p=0,0053$, 5.1. A ábra) összefüggésben lehet a fák gyökérszónájának talajában talált *Phytophthora* fajokkal.

A területen változatos *Phytophthora*-közösséget találtunk, melynek folyamatos változásaiban szezonalitást sem a diverzitás indexek (5.1. táblázat), sem a Rényi-féle diverzitásrendezés (5.3. ábra), sem a klaszteranalízis (5.8. ábra) nem mutatott ki. A főkomponens analízis során három nagy magyarázó erővel rendelkező főkomponens jött létre (5.9. táblázat). Ezekben a legnagyobb sajátértékkel bíró tényezők a hőmérsékleti és csapadékviszonyokat írják le, a legkisebb magyarázóerejű főkomponens a talajvízszint adatokat tartalmazza. A Spearman-féle rangkorreláció alapján, mindhárom főkomponens szignifikáns mértékű összefüggést mutat a fajok előfordulásával.

Két fa gyökérszónájának talajában ismét megjelent a *P. alni*, bár a Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőművelési és Erdővédelmi Intézete által végzett korábbi monitoring során, 2003-2008 között jelenlétét a területen nem lehetett kimutatni (SZABÓ és mtsai 2013). Míg 2003-ban Szabó és mtsai a *P. alni ssp. uniformis* alfajt tudták kitenyészteni, 2011-ben a *P. alni ssp. multiformis* alfajt azonosítottam. Marçais és Husson (MARÇAIS és HUSSON 2014) tanulmánya alapján, a *P. alni* jelenléte arra is utalhat, hogy a mintavétel időszakában a terület minden éger fája a betegséggel fertőzött volt. Ezt a feltételezést Elegbede és mtsai (ELEGBEDE és mtsai 2010) is megerősítik: vizsgálataik alapján a teljesen tünetmentes gyökérszónával rendelkező éger fák is fertőzöttek lehetnek éger fitoftórával, sőt, ezek a faegyedek bizonyulhatnak a területen a legfőbb fertőzési forrásnak. A 6. kládba tartozó *Phytophthora* fajok folyamatosan dominánsak voltak a mintaterület állandó vízhatással jellemezhető talajában. A *P. gonapodyides*, annak ellenére, hogy a korábbi felmérések idején tömeges volt a területen (SZABÓ és mtsai 2013), csak az utolsó alkalommal, kis mennyiségben (egy izolátum) volt detektálható a talajból a 2011-2012 időszakban. Ezzel szemben a *P. lacustris* taxon a leggyakrabban izolált *Phytophthora* faj lett a területen (a

talajmintákból 45 izolátumot, a közeli csatorna vizéből két izolátumot sikerült kitenyészteni). A patogenitásvizsgálat mindkét alkalmazott módszere bizonyította, hogy a *P. lacustris* sokkal agresszívabb a mézgás égerrel szemben, mint *P. gonapodyides* (szignifikáns különbség mutatkozott a gyökérszövet állapotában: $p=0,0006$, a sebfertőzés esetén a hajtás állapotában: $p=0,0131$ és a kialakult nekrózisok területében: $p=0,0040$). *P. alni* ismételt megjelenése és *P. lacustris* folyamatos, tömeges jelenléte a területen magyarázhatja a fák egészségi állapotának a 2011. év folyamán tapasztalható fokozatos romlását.

P. inundata feltehetően az ártéri fásszárúak kórokozója (BRASIER és mtsai 2003). Kertészeti körülmények között néhány fafaj, mint pl. királydió vagy *Prunus* fajok, kórokozójaként jelenik meg. Erdei ökoszisztémákban olajfa (*Olea europea*), a *Fagus*, *Castanea*, *Salix* és *Alnus* nemzetségekbe tartozó fajok gyökérpusztulásával hozták összefüggésbe korábbi szakirodalmak (BRASIER és mtsai 2003; SAFAIEFARAHANI és mtsai 2013). A fák pusztulását feltehetően heves esőzések és áradások után okozza (BRASIER és mtsai 2003). Ezt a feltételezést erősíti meg az is, hogy mintavételeim során *P. inundata* csak 2011 júniusában, a nagyon csapadékos 2010 év után volt detektálható.

6.1.2. Feketedió állományok

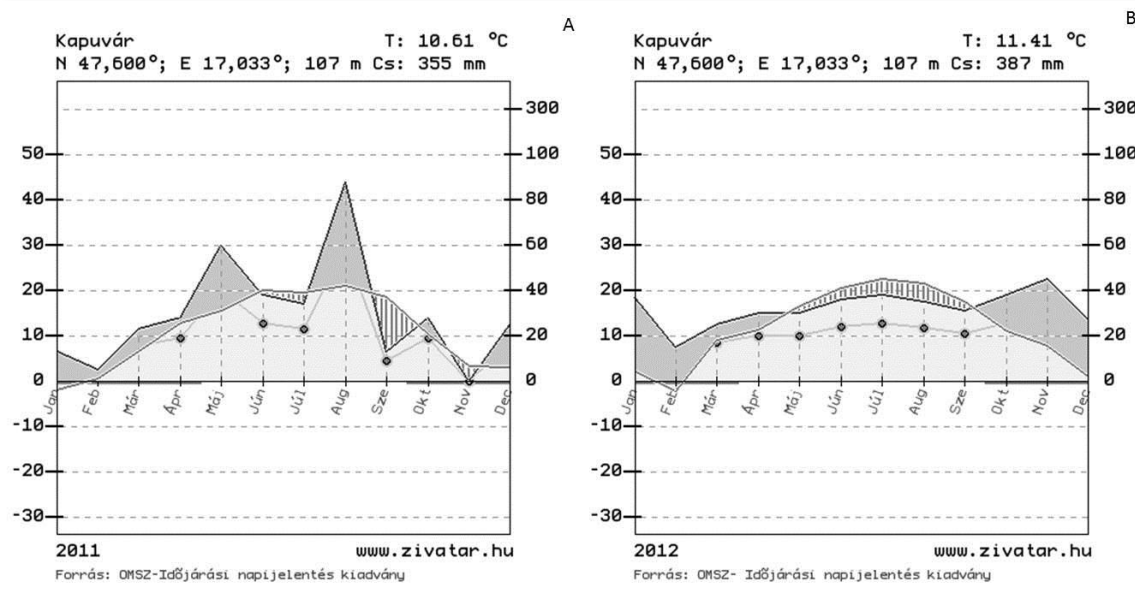
A dél-hansági mintaterület

Az állomány egészségi állapotváltozásainak és az állapotváltozásokat befolyásoló kórokozók és környezeti tényezők közötti kapcsolatnak az alapos vizsgálatához, általános következtetések levonásához ez esetben is a vizsgálatnál nagyobb bevont egyedszám és hosszabb vizsgálati időszak lett volna szükséges. A rendszeresen felmért 20 mintafa két éves adatsora alapján a kijelölt mintaterületen zajló változásokból tudunk, sajnos, korlátozott érvényességű következtetéseket levonni. Az eredmények azonban rávilágítanak arra, hogy mely paraméterek alaposabb vizsgálata vezethetne a továbbiakban a *Phytophthora* fajok ökológiai igényeivel és magyarországi erdővédelmi szerepével kapcsolatos ismeretek bővítéséhez.

Bár egyértelműen *Phytophthora* fertőzésre utaló tünetet, illetve elpusztult faegyedeket sem találtam faállományban, a tapasztalt hervadásos tünetek alapján az állomány egészségi állapota a 2011. év folyamán romlott. Ezt mutatja, hogy a 2011. júniusban és 2012. júniusban tapasztalt egészségi állapot adatok (5.5. ábra) között szignifikáns eltérés tapasztalható ($p=0,009$).

A területről azonosított két *Phytophthora* faj (*P. cactorum* és *P. plurivora*) mindegyike előfordult a területen a 2011. júniusi és 2012. szeptemberi, nedvesebb időszakokban, míg a szárazabb, 2011. szeptemberi és 2012. júniusi időszakokban csak *P. plurivora* volt detektálható mennyiségben jelen a talajban (5.6. ábra). Ez azt sugallja, hogy mindkét *Phytophthora* faj állandóan jelen van az erdőállomány talajában, azonban *P. cactorum* a kedvezőtlen, száraz időszakokat klamidospórák és oospórák képzésével vészeli át. Amikor a környezeti feltételek ismét kedvezőbbé válnak, a kitaróképletek gyors csírázásra képesek, így áradások, heves esőzések után, különösen rossz vízelvezetési képességű talajokban a fertőzés igen súlyos lehet (ERWIN és RIBEIRO 1996). Ezzel szemben a *P. plurivora* számára az optimumot a félszáraz-félnedves talajkörülmények jelentik; a nedves, elárasztott talajokban kevésbé versenyképes. A dió fajokat azonban félszáraz talajkörülmények mellett is képes megbetegíteni (MATHERON és MIRCETICH 1985b). A 2011 évben a tavasz és a kora nyári időszak esős volt, a Walther-Lieth diagram (6.1. ábra) ezt az időszakot humid időszakként jelöli. Néhány heves zivatart leszámítva a nyár további része és az ősz száraz volt, a diagramon (6.1. ábra) száraz időszakként jelenik meg. Mindez feltehetően magyarázza, hogy bár *P.*

cactorum 2011 júniusában tömeges volt az állomány talajában, 2011 szeptemberére nem volt jelen detektálható mennyiségben. A 2011 évi száraz ősz és tél után 2012 tavasza is rendkívül száraz volt. Szeptemberig tartó aszályos időszak jelentkezett a területen. Ennek megfelelően, 2012 júniusában *P. plurivora*-t csak kevés sikerrel tudtam izolálni a talajból. 2012. szeptember közepén, a heves augusztus végi-szeptember eleji esőzések által átnedvesített talajból azonban ismét sikerült mindkét fajt kitenyészteni. Ekkor azonban *P. cactorum* jóval kisebb gyakorisággal fordult elő, mint 2011 júniusában (2011. június: hat *P. plurivora* és 27 *P. cactorum* izolátum, 2012. szeptember: öt *P. plurivora* és hat *P. cactorum* izolátum).



6.1. ábra: A Dél-Hanság meteorológiai adatai alapján szerkesztett Walter Lieth diagramok (A: 2011. év; B: 2012. év). KOVÁCS és mtsai (2013) alapján.

A Dél-Hanságra a vizsgált időszakban-az Ellenberg-index 2006 óta növekvő értékei alapján-a klimatikus viszonyok romlása volt kimutatható. 2012-ben az index az ezredforduló óta legmagasabb értéket vette fel a területen (5.15. ábra). Ezzel párhuzamosan, a talajvízszint folyamatosan csökkent, a 2011-2012 hidrológiai évben a talajvíz állás maximuma is alacsonyabban volt, mint a megelőző évek minimum értékei (5.16. ábra). Mindez feltehetően a fák egészségi állapotának romlásához vezetett, melyek így kevésbé voltak képesek tolerálni a nagy esőzések után felszaporodó fitoftórák kártételét (JÖNSSON 2006).

A főkomponens analízis során három nagy magyarázó erővel rendelkező főkomponens jött létre (5.9. táblázat). Ezekben a legnagyobb sajátértékkel bíró tényezők a hőmérsékleti és csapadékviszonyokat írják le, a legkisebb magyarázóerejű főkomponens a talajvízszint adatokat tartalmazza. A Spearman-féle rangkorreláció alapján, mindhárom főkomponens szignifikáns mértékű összefüggést mutat *P. plurivora* és *P. cactorum* előfordulásával, illetve hiányával.

A későbbi patogenitásvizsgálatok mindkét faj patogenitását igazolták feketedió csemetékkel szemben.

Sárvár 5L erdőrészlet

Az erdőrészlet esetében a felmérés fő célja a fák pusztulásában szerepet játszó tényezők felmérése volt, hiszen új erdőpusztulás jelentkezett a területen. A mintavétel

módja és a vizsgált alacsony mintaszám a fő cél teljesítéséhez elegendőnek bizonyult. Mivel egyéb felvételezési adatokkal nem terveztem összevetni ezt a mintavételt, nem rögzítettem az erdőrészletben mintaterületet. A Sárvár 5L erdőrészletből feketediók gyökérszónájának talajából *P. plurivora* és *P. polonica* fajokat azonosítottam. A későbbi patogenitás-vizsgálatok mindkét faj feketedióval szembeni patogenitását igazolták. A *P. citricola* komplex fajainak, így *P. plurivora*-nak a jelenléte pusztuló feketedió állomány talajában nem meglepő, számos hazai és nemzetközi irodalom beszámol e fajok dió fajokkal szembeni agresszivitásáról (SZABÓ és LAKATOS 2008; JUNG és BURGESS 2009; BELISARIO és GALLI 2012; SZABÓ és mtsai 2013). *P. polonica* erdei körülmények közötti előfordulását azonban ismereteim szerint mézgás éger állomány talajából detektálták (BELBAHRI és mtsai 2006), feketedió állományban való előfordulásáról nincs fellelhető szakirodalmi adat. Az első hervadásos tünetek 2011 tavaszán jelentek meg az állományban. A betegség lefolyása feketedió esetében elhúzódó, évekig tartó folyamat is lehet (BELISARIO és GALLI 2012). Bár az erdőrészletben is tapasztalható hervadásos tünetek a betegség korai jeleinek számíthatnak, számos fa hosszú ideig tünetmentes is maradhat, a *Phytophthora* fajok okozta jelentős gyökérvárosodás ellenére is (BELISARIO és GALLI 2012). A talált fajok az erdőrészlet talajában akár már évek óta jelen lehettek, és a csapadékos 2010 év (5.19. ábra) során felszaporodott *Phytophthora* populációk a korábbinál súlyosabb pusztítást végeztek. Ugyanakkor más fertőzött területről, a Rába folyó áradásai során is az idős állomány talajába kerülhettek. Az állomány rossz egészségi állapotának kialakulásához a *Phytophthora* fajok mellett valószínűleg az erős fehér fagyöngy fertőzöttség is jelentősen hozzájárult.

6.1.3. Madárcseresznye fák pusztulása Sárváron

A területen a madárcseresznye fák gyors lefolyású pusztulása jelentkezett. Így a felmérés fő célja a Sárvár 19G erdőrészletben is a fák pusztulásában szerepet játszó tényezők felmérése volt. Az erdőrészletre jellemző időszakos vízhatású homokos öntés talaj a madárcseresznye számára kedvezőtlen termőhelyi feltételeket biztosítottak (GENCSI és VANCSURA 1997). Irodalmi adatok alapján több *Phytophthora* faj is okozhatja a madárcseresznye pusztulását. Ilyen fajok a *P. alni*, *P. cactorum*, *P. cambivora*, *P. cinnamomi*, *P. citricola*, *P. citrophthora*, *P. cryptogea*, *P. drechsleri*, *P. megasperma*, *P. nicotianae* és a *P. syringae* (MIRCETICH és MATHERON 1976; THOMIDIS és SOTIROPOULOS 2003; SANTINI és mtsai 2006; THOMIDIS és mtsai 2008; VETTRAINO és mtsai 2008). Ezzel szemben, a Sárvár 5L erdőrészlethez hasonlóan, *P. plurivora* és *P. polonica* volt izolálható az érintett fák gyökérszónájának talajából, illetve *P. polonica* a begyűjtött, tüneteket mutató gyökérből. Korábbi irodalmi adatot a madárcseresznye *P. plurivora* vagy *P. polonica* által okozott pusztulásáról nem találtam. Míg *P. plurivora* gyakran előfordul pusztuló erdőállományokban, és több fafaj kórokozójaként is felléphet, a nemrég leírt *P. polonica* a korábbi irodalmak alapján kis patogenitású, inkább gyengültségi jellegű kórokozó (BELBAHRI és mtsai 2006). A későbbi patogenitástereszték mindkét faj ezen erdőrészletből gyűjtött egy-egy izolátumának patogenitását igazolták madárcseresznye csemetékkel szemben, mind talajfertőzéssel, mind törzsszebzéssel.

Erdei fák pusztulásával kapcsolatos ismereteim szerint ez a *P. polonica* első adata Magyarországon.

6.1.4. Sopron

A különböző csapdázással vagy vízszűréssel dolgozó monitoring módszerek világszerte elterjedtek *Phytophthora* fajok kimutatására és hasznosak lehetnek a járványok terjedésének előrejelzésében, a sikeres védekezésben; csemetekerti fertőzések

kialakulásának megakadályozásában (HANSEN és DELATOUR 1999; TIOSVOLD és mtsai 2008; HULVEY és GOBENA 2010; REESER és mtsai 2011; HÜBERLI és mtsai 2013). Európa, főleg Közép-Európa vízfolyásaiban élő és terjedő *Phytophthora* fajokról ezzel szemben rendkívül kevés adat található a nemzetközi szakirodalomban.

A vízsűrítéssel dolgozó módszerek feltehetően gyorsabbak és jobb hatásfokkal dolgoznak, mint a levélcspadázás, azonban a csapdázás kivitelezése kevesebb eszközt igényel, olcsóbban és könnyebben megoldható. Mindkét módszer nehézségét az adja, hogy az élővizekben felhígul a fertőzési anyag mennyisége. A vízsűrítés esetében a vizsgált minta mennyisége, a levélcspadázásnál a használt növényfaj és a csapda vízen tarthatóságának ideje befolyásolhatja a csapdázás sikerét.

A mintavételi eredményekre illesztett fajtelítődési görbe (5.12. ábra) alapján, a 2011 és 2012 évek vegetációs időszakában kivitelezett vizsgálat sorozat elegendő volt a fő célkitűzés elérésére: a területen előforduló *Phytophthora* fajok minél teljesebb feltárására. Feltehetően a mintaterület jelentős bővítése, más természeti és gazdálkodási viszonyokkal bíró tájakkal történő kiegészítése lenne szükséges az izolálható fajsám jelentős emeléséhez.

Hansen és Delatour 1999-es, franciaországi tölgyesekben végzett felmérés során vizsgálták az erdei vízfolyásokban előforduló *Phytophthora* fajokat is (HANSEN és DELATOUR 1999). A kilenc hónapos felmérés (1997 november-1998 július) során tömeges mennyiségben találtak a vizekben *P. gonapodyides*-t; továbbá néhány alkalommal *P. citricola*, alkalmanként *P. megasperma*, és két ismeretlen *Phytophthora* faj fordult elő mintáikban (HANSEN és DELATOUR 1999). Az általuk izolált fajok közül *P. gonapodyides* Sopron környékén is tömegesnek bizonyult a vízfolyásokban (a gyűjtött izolátumok 50,41%-a), különösen a tavaszi-kora nyári időszakban (5.14. ábra).

Reeser és munkatársai hasonló monitoring jellegű mintavételezést Oregonban és Alaszkában végeztek (REESER és mtsai 2011). A vizsgálataik során jóval több *Phytophthora* fajt detektáltak, mint az általam gyűjtött fajsám. A jelentős földrajzi távolság ellenére, munkájuk részben összecseng az általam tapasztaltakkal: A *P. gonapodyides* és *P. lacustris* tömeges előfordulását észlelték. Kisebb számban előfordult a vízfolyásokban *P. plurivora*, *P. taxon PgChlamydo*, *P. pseudosyringae* vagy *P. cambivora*; a többi faj egy-egy mintaterületen fordult elő jelentősebb mértékben (REESER és mtsai 2011). *P. gonapodyides* mellett, az általam vizsgált vízfolyásokban *P. lacustris* is gyakran bizonyult (a gyűjtött izolátumok 36,59%-a). A ritkább fajokat Sopron környékén *P. plurivora* (12,2%) és *P. pseudosyringae* (0,81%) képviselte. A Soproni-hegység vízfolyásaiban megtalálható fajok kozmopolita kórokozók, vizekben, más országokban, földrészekben is gyakoriak.

A PCA alapján (5.11. táblázat) a patakokban található inokulum mennyiséget és az izolálható fajkészletet elsősorban a havi és előző havi hőmérsékleti viszonyok, a havi és a megelőző havi csapadékmennyiség és kisebb mértékben néhány, ezekkel összefüggésben levő hidrológiai tényező (vízmélység, vízhőmérséklet, pH) befolyásolja a Spearman-féle rangkorreláció alapján. Míg a diverzitásindexek (5.6. táblázat) és a diverzitásprofilok (5.15. ábra) alapján csak két nagy diverzitással jellemezhető mintavétel (2011. június és 2012. szeptember) különül el, a klaszteranalízis eredményei (5.16. ábra) alapján, az átlagosnak tekinthető hónapok fajkészlete statisztikailag gyengén támogatott szezonális változásokat is sejtet. A klaszterdiagramon elkülönül egy tavaszi-kora nyári és egy nyári-őszi mintavételeket tartalmazó csoport. Az ezt kiváltó okok kiderítéséhez az izolálható fajok ökológiai igényeinek és életmódjának részletesebb vizsgálatára lenne szükséges.

Reeser és munkatársai a vízfolyásokban található fertőzési anyag mennyiséggel kapcsolatban mutattak ki szezonális változásokat. Eredményeik szerint a vízben

található fertőzőési anyag mennyiség nyár és ősz folyamán a legmagasabb, télen és tavasszal pedig jóval alacsonyabb (REESER és mtsai 2011). A nyári maximum a Soproni-hegység eseteiben is tapasztalható volt, azonban feltehetően az eltérő klimatikus feltételek miatt, itt inkább tavaszi-nyári maximum volt tapasztalható.

6.2. Az azonosított *Phytophthora* fajok jellemzése

6.2.1. Morfológiai jellemzés

A 6-12. Melléklet táblázataiban található eredményeimet a fajleírásokkal, illetve összefoglaló könyvek adataival összevetve, az alábbi megállapításokra jutottam.

Phytophthora alni ssp. multiformis

A vizsgált két izolátum bolyhos telepjellege megegyezik a fajleírásban közölt telepjelleggel. A vizsgált izolátumok esetében sporangiumok sem az agar felszínén, sem a steril talajoldatban nem keletkeztek. Kis mennyiségben oogóniumok és anterídiumok azonban képződtek. 161/1 izolátum esetében az oogóniumok fala bibircses vagy sima volt, míg 161/2 esetében csak bibircses fal fordult elő. Brasier és mtsai közleménye a *P. alni ssp. multiformis* alfaj esetében mindkét fal típus előfordulását említi. A *P. alni ssp. multiformis* esetében az anterídiumok is változatosak lehetnek, a vizsgált két izolátum esetében azonban csak két sejtből álló, hosszúak, amfigin anterídiumok voltak észlelhetők. (BRASIER és mtsai 2004)

Phytophthora cactorum

A mért adatokat Erwin és Ribeiro (1996) munkájában közzétett jellemzéssel vettem össze. A sporangiumok alaki jellemzői, kaducitása megegyezik a könyvben szereplő adatokkal. A vizsgált izolátumok esetében mért átlagos értékek (15,84-23,79 μm x 112,05-17,15 μm) kissé kisebbek, mint a publikált átlagos adatok (31,4 \pm 4,8 μm x 26,4 \pm 4,0 μm), azonban a hossz: szélesség arány (1,31-1,50) a legtöbb izolátum esetében megegyezik a publikált átlagos adattal (1,2 \pm 0,1), és a többi izolátum esetében is csak kis mértékben nagyobb annál. A könyvben közzétett leírás alapján néhány, de nem minden izolátum képez klamidospórákat. Az általam vizsgált izolátumok egy kivétellel (175/1) képeztek klamidospórákat, melyek a leírásban szereplőhöz hasonló alakúak voltak, méreteik (átlagos átmérő: 8,79-18,34) a leírásban közölt tartomány (14-55 μm) alsó részébe illeszkedtek. Az általam vizsgált tenyészetek is homotallikusnak bizonyultak, a keletkezett oogóniumok, anterídiumok és oospórák alaki tulajdonságai megegyeznek a leírásban közöltekkkel. Az anterídiumok és oogóniumok méretei kis mértékben elmaradnak a leírásban közölt mérettartománytól (anterídium: 8,5-21 μm x 12-21 μm , oogónium: 18-40 μm), az oospórák átlagos méretei (10,00-14,40 μm) szintén kis mértékben elmaradnak a leírt tartománytól (15-35 μm), bár a mért maximális méretek (14,17-18,00 μm) már a tartomány alsó részébe esnek. (ERWIN és RIBEIRO 1996)

Phytophthora gallica

Az izolátum sárgarépa szeletes táptalajon a fajleírással ellentétben rozettás telepjellegét fejlesztett, azonban a leíráshoz hasonlóan kevés légmicélium keletkezett. A növekedési ütem (2,27 mm/nap) illeszkedik a leírók által megadott intervallumba (2,1-2,9 mm/nap). Az általam vizsgált izolátum-leírással megegyező módon-nem képezett ivaros szaporítóképleteket. A leírással ellentétben azonban, tömeges sporangium

képzést talajoldatban sem tapasztaltam, mindössze egyetlen sporangium keletkezett. Ennek a sporangiumnak a hossza kissé elmarad a leírásban szereplő átlagos adatoktól ($52,5 \pm 11 \mu\text{m} \times 27 \pm 5 \mu\text{m}$), azonban elliptikus alakját is figyelembe véve, feltehetően fiatal sporangium volt. A leírásban szereplő átlagos adatnál ($47,5 \pm 7 \mu\text{m}$) kicsit kisebb méretű (átlagosan $32,42 \mu\text{m}$), kerek klamidospórák is keletkeztek. (JUNG és NECHWATAL 2008)

Phytophthora gonapodyides

A mért adatokat Erwin és Ribeiro (1996) munkájában közzétett jellemzéssel vettem össze. A tapasztalt bolyhos, rozettás telepjelleg megegyezik a leírásban szereplővel. Az izolátum növekedésével kapcsolatban, 20°C -on a leírásban közöltekhez hasonlóan, lassú növekedést tapasztaltam ($1,75\text{-}4,5 \text{ mm/nap}$). Az észlelt sporangiumok alakja, sporangiumtartón maradó volta, belső proliferációja megegyezik a leírásban szereplő tulajdonságokkal. Átlagos méreteik ($31,29\text{-}61,67 \mu\text{m} \times 21,95\text{-}31,36 \mu\text{m}$) illeszkednek a leírásban szereplő tartományba ($43\text{-}91 \mu\text{m} \times 23\text{-}48 \mu\text{m}$). Ivaros szaporítóképletek telepen belül az általam vizsgált izolátumok esetében sem keletkeztek. A leírással ellentétben egyetlen izolátum (123/1) esetében, idős korban, talajoldatban szabálytalan hifatágulatok keletkeztek. (ERWIN és RIBEIRO 1996)

Phytophthora inundata

Az általam vizsgált izolátum telepjellege rozettás lett, ez hasonló a fajleírásban közölt csillagos vagy szírom szerű telephez. A fajleírás alapján a faj többnyire önmegtermékenyítésre képtelen, ennek megfelelően a vizsgált tenyészet sem képezett ivaros szaporítóképleteket. A fajleírásnak megfelelően sem klamidospórák, sem hifatágulatok nem keletkeztek. Az egyetlen keletkezett sporangium feltehetően ebben az esetben is túl fiatal volt még a méréshez: erre utal elliptikus alakja (a várt tojásdaddal szemben), és a leírásban szereplő átlagoktól ($64,5 \pm 10,7 \mu\text{m} \times 47,7 \pm 10,0 \mu\text{m}$) elmaradó méretei ($40,92 \mu\text{m} \times 36,38 \mu\text{m}$). (BRASIER és mtsai 2003)

Phytophthora lacustris

Agaron a fajleíráshoz hasonlóan a vizsgált izolátumok nem képeztek sem sporangiumot, sem más képleteket. A vizsgált izolátumok 60%-a esetében nem steril talajoldatban tömeges sporangium képzést tapasztaltam egy héten belül, míg a fennmaradó 40% esetében egyáltalán nem képződtek sporangiumok a kísérlet körülményei között. A sporangiumok alakja megegyezett a fajleírásban közöltekkel, méreteik kis mértékben elmaradtak azoktól ($44,8 \pm 4,6 \mu\text{m} \times 30,9 \pm 3,5 \mu\text{m}$), de a több izolátum alapján felállított tartományba ($35,8\text{-}54,1 \mu\text{m} \times 25,7\text{-}38,8 \mu\text{m}$) nagyjából illeszkedtek. A hossz-szélesség arány megegyezett a fajleírásban közölttel ($1,27\text{-}1,68$). A tapasztalt telepjellegek megegyeztek a fajleírásban közöltekkel. A növekedési ütem sárgarépaszeletes táptalajon, 20°C -on hasonló volt a fajleíró cikkben ugyancsak sárgarépaszeletes táptalajon, 25°C -on tapasztalt értékekkel ($3,4\text{-}6,1 \text{ mm/nap}$). Hifadudorok egy vizsgált izolátum (246/1) esetében keletkeztek, talajoldatban, ez azonban a fajleírás szerint ritkán előfordulhat. (NECHWATAL és mtsai 2013)

Phytophthora plurivora

A vizsgált izolátumok krizantém-szerű, gyér légmicéliummal rendelkező telepjellege megegyezik a fajleírásban olvashatóval. A vizsgált tenyészetek növekedési

üteme (5,63-7,92 mm/nap) volt sárgarépaszeletes táptalajon, 20°C-on. Ugyanilyen körülményekre vonatkozó adatot ugyan nem találtam, de V8A táptalajon, 20°C-on az izolátumok átlagos növekedése hasonló, $6,3 \pm 0,1$ mm/nap. A keletkezett sporangiumok alaki tulajdonságai megegyeznek a fajleírásban szereplő jellemzőkkel, méreteik ($20,18-50,57 \mu\text{m} \times 14,36-36,95 \mu\text{m}$) a 207/1 izolátum kivételével minden vizsgált izolátum esetében a fajleírásban szereplő izolátum átlagoknál ($39,6-52,3 \mu\text{m} \times 28,9-38,8 \mu\text{m}$) kisebbek. Homotallikus faj, ennek ellenére gametangiumok mindössze két izolátum (164/2 és 211/1) esetében voltak észlelhetők. A keletkezett gametangiumok alaki jellemzői megegyeztek a fajleírásban szereplőkkel. Méreteik (oogónium: $12,34 \mu\text{m}$ ill. $13,97 \mu\text{m}$; anterídium: $4,49-6,3 \mu\text{m} \times 4,72-5,94 \mu\text{m}$) elmaradnak a fajleírásban megadott méretektől (oogónium: $27,5-29,9 \mu\text{m}$, anterídium: $11,1 \pm 4,4 \mu\text{m} \times 8,4 \pm 3,1 \mu\text{m}$). Az izolátumok többségénél kerek hifatágulatok keletkezése is észlelhető volt idősebb korban. (JUNG és BURGESS 2009)

Phytophthora polonica

A vizsgált izolátumok telepjellege a fajleíró publikációnak megfelelően lenyomott volt, azonban a közleményben szereplő kissé csillag-szerű mintázat nem alakult ki esetükben. Belbahri és mtsai 20°C-on sárgarépaszeletes táptalajon közepesen lassú növekedést tapasztaltak, az általam vizsgált izolátumok növekedése ($3,38-3,50$ mm/nap) is megfelel ennek. (BELBAHRI és mtsai 2006)

A vizsgált izolátumok a fajleírás alapján elvártak megfelelően, tömegesen képeztek gömbölyded vagy szabálytalan alakú hifatágulatokat, melyek mérete is változatos volt (teljes tartomány: $5,99-72 \mu\text{m}$). A leírással ellentétben, klamidospórák képződését nem észleltem. Szintén a leírással ellentétben, két vizsgált izolátum esetében (209/2, 210/2) tapasztaltam sporangiumképzést sárgarépaszeletes táptalajon, nem steril talajoldattal történő elárasztás után. A keletkezett sporangiumok alakja, kaducitása a fajleírás alapján zselatin oldatban keletkező sporangiumokéval teljesen megegyezett. Átlagos méreteik ($47,19 \mu\text{m} \times 32,66 \mu\text{m}$; $56,26 \mu\text{m} \times 36,73 \mu\text{m}$) többé-kevésbé megegyeztek a fajleírásban szereplő adatokkal ($52-67 \mu\text{m} \times 32-44 \mu\text{m}$). A másik két vizsgált izolátum (142/1, 252/1) a fajleírás alapján elvártak szerint, nem képezett sem agaron, sem talajoldatban sporangiumokat. Oogóniumokat, anterídiumokat és oospórákat szintén csak a 209/2 és a 210/2 izolátumok képeztek, és csak kis mennyiségben. Az anterídiumok 209/2 esetében elliptikusak, 210/2 esetében kerekdedek voltak, átlagos méreteik ($11,91 \mu\text{m} \times 9,25 \mu\text{m}$ illetve $14,19 \mu\text{m}$) kis mértékben elmaradnak a fajleírásban közölt méretektől ($16,2 \pm 2,8 \mu\text{m} \times 13 \pm 2,1 \mu\text{m}$). Az oogóniumok alakja, fala 209/2 esetében teljesen megegyezett a fajleírásban közöltevel, átlagos méretük ($52,13 \mu\text{m}$) azonban kissé nagyobb volt, mint a Belbahri és mtsai által tapasztalt átlag ($41,8 \pm 2,8 \mu\text{m}$). Ezzel szemben, 210/2 izolátum esetében a fajleírásnak megfelelő sima falú oogóniumok mellett, kissé bibircses falú oogóniumok is előfordultak. Átlagos méretük ($30,21 \mu\text{m}$) kissé elmarad a publikációban szereplő értéktől. (BELBAHRI és mtsai 2006)

Phytophthora pseudosyringae

A tapasztalt telepjelleg (rozettás, kevés légmicéliummal) kis mértékben tér el a fajleírásban közöltektől (csillagszerű vagy sima, lenyomott vagy kevés légmicéliummal). A sporangiumok alaki tulajdonságai és méretei megegyeznek a fajleírásban közöltekkkel (elliptikus, tojásdad vagy citrom alakú, tartón maradó vagy leváló sporangiumok, méreteik: $20-98 \mu\text{m} \times 15-48 \mu\text{m}$). Bár a fajleírás szerint vízben hifadudorok keletkezhetnek, ezt a vizsgált izolátum esetében nem tapasztaltam. Bár a fajleírás

alapján homotallikus faj, ugyancsak nem tapasztaltam oogóniumok vagy anterídiumok képződését a kísérlet körülményei között. (JUNG és mtsai 2003)

6.2.2. Filogenetikai jellemzés

A Blair és mtsai (2008) által alkotott, jelenleg elfogadott, több génen alapuló filogenetikai rendszer a régebben is ismert kládok esetében (1.-7. klád) jól átfed a Cooke és mtsai (2000) által alkotott ITS törzsfák kládjaival (COOKE és mtsai 2000; BLAIR és mtsai 2008). Ez alapján az ezen kládokba tartozó, általam gyűjtött és azonosított fajok esetében az ITS szakasz alapján végeztem filogenetikai elemzést. A kapott ITS törzsfák szerkezete egymástól kis mértékben eltér, de mindhárom esetben jól elkülönülnek a kládok és az általam gyűjtött törzsek illeszkednek a filogenetikai rendszerbe, így az elemzés megerősíti a fajazonosítás eredményét.

A 8-10. kládokhoz tartozó fajok esetében, az ITS és a több gén bevonásával történő elemzések eredményeként kapott törzsfák eltérései miatt lényegesnek tartottam a TEF1A szakasz vizsgálatát is. A hibátlan leolvasásként értékelhető szakasz azonban mindössze 551 bp lett, míg Blair és mtsai-nál 1224 bp (BLAIR és mtsai 2008). A statisztikai elemzések hibáit elkerülendő, a törzsfák a rövidebb szakasz alapján készültek. Feltehetően ennek tudható be az, hogy egyes kládok szétDarabolódnak a törzsfákon. A fajazonosítás eredményét azonban ezek a törzsfák is megerősítik, minden vizsgált *Phytophthora* faj esetében.

6.2.3. A gyakoribb fajok fajon belüli genetikai diverzitása

Ugyan a *Phytophthora* fajok szaporodási módjai nem kedveznek a nagy genetikai változatosság kialakulásának, az egyes fajok fajon belüli genetikai változatosságának ismerete azonban sok esetben hasznos információt jelenthetnek annak eldöntéséhez, hogy a faj a területen honos vagy inváziós, utóbbi esetben pedig a származási hely vagy a bekerülés útvonalának kiderítéséhez is.

Annak ellenére, hogy az egy-egy fajhoz tartozó kis mintaelemszám, és a kevés bevont populáció miatt, az ITS1-5.8S-ITS2 szakasz alapján kapott eredményeim messzemenő következtetések levonását nem támogatják egyik fajjal kapcsolatban sem, más kutatók korábbi, hasonló eredményeivel összevetve érdekes fajokon belüli változásokra hívhatják fel a figyelmet.

Eredményeimet a Szabó és mtsai (2013) által tapasztaltakkal vettem össze. *P. gonapodyides* esetében a korábbi mintavételek során hat allél került elő. Ezek közül Pgon4 és Pgon6 allélek a jelenlegi mintavétel során nem kerültek elő. Pgon5 allél megegyezik a dolgozatban A8-cal jelölt alléllal, Pgon 1 a dolgozatban A1-gyel jelölt alléllal, Pgon2 az A4 alléllal, Pgon3 pedig az A5 alléllal. A1, A3, A6 és A7 allélek új allélnak tekinthetők (SZABÓ és mtsai 2013).

Meglepő módon, míg Szabó és mtsai *P. lacustris* esetében tizenhat vizsgált izolátum alapján egyetlen allélt találtak (SZABÓ és mtsai 2013), a jelenlegi felmérések során nagy genetikai diverzitást észleltem, huszonhat izolátum vizsgálata alapján tizenegy allél fordult elő. Ennek egy lehetséges magyarázata, hogy míg Szabó és mtsai csak erdőállományok talajából, illetve beteg növényi szövetekből izolált *Phytophthora* törzseket vizsgáltak, addig esetemben a *P. lacustris* törzsek egy része patakvízből, egy része erdőállományok talajából származott. A vízi származás más életmódbeli eltéréseket is valószínűsíthet (döntően lebontó életmód, fakultatív parazita jelleggel), ezt azonban egyetlen marker alapján nem lehet bizonyítani. Ráadásul, a nem kódoló ITS szakasz ilyen vizsgálatokra nem is alkalmas. A pontos magyarázat további kutatást, esetleg egy másik molekuláris marker vizsgálatát igényelné.

P. plurivora esetében, feketedió állományok talajából Szabó és mtsai két allélt azonosítottak, melyek a 397. pozícióban különböztek egymástól (C/T) (SZABÓ és mtsai 2013). Ezt a két allélt felméréseim során is sikerült kimutatni, azonban ezek mellett két további allél is előkerült.

P. cactorum esetében a jelenlegi felmérés során is mindössze két allél került elő, amelyek a korábbiakhoz hasonlóan mindössze egy pozícióban térnek el egymástól, hasonlóan a korábbi eredményekhez (SZABÓ és mtsai 2013).

A vizsgált fajok közül *P. plurivora*, *P. gonapodyides*, *P. polonica* és *P. lacustris* több élőhelyen is előfordultak. *P. gonapodyides* nem meglepő módon a Soproni-hegyvidék patakjaiban mutatta a legnagyobb genetikai változatosságot (8 allél). *P. lacustris* egyaránt véltározatosnak bizonyult a mézgás éger mintaterület talajában és a Soproni-hegység patakjaiban is. *P. plurivora* szintén egyaránt változatosnak bizonyult mind a feketedió állományok talajában, mind az élővizekben. Bár érdekességként meg kell állapítani, hogy mindkét faj esetében vannak csak a vízfolyásra, és csak az erdőtalajra jellemző allélek is. *P. polonica* a madárcezesznye fák talajában bizonyult a legváltozatosabbnak.

6.3. A fajok erdővédelmi szerepének vizsgálata – patogenitás-tesztek

6.3.1. Feketedió csemetek mesterséges fertőzése

Mindkét fertőzési időszak során, minden csemete életben maradt, sőt, az egészségi állapotuk sem romlott szignifikáns mértékben a kontroll csemetekhez képest. Feltételezhetően a tünetek megjelenéséig hosszabb inkubációs időre lett volna szükség.

Az őszi fertőzési időszakban, a kialakult nektrózisok területe mindkét fertőzött csoportban szignifikánsan nagyobb volt, mint a kontroll csemetéken megjelenő sebek mérete ($p=0,001$). A *P. plurivora* esetében a nektrózisok átlagos területe $126,25 \text{ mm}^2$, míg *P. cactorum* esetében átlagosan $62,93 \text{ mm}^2$. *P. plurivora* ebben az időszakban szignifikánsan nagyobb nektrózisokat okozott, mint *P. cactorum* ($p=0,024$), amiből arra következtethetünk, hogy kissé agresszívebb feketedióval szemben, mint *P. cactorum*. Ezt az észrevételt alátámasztja Mircetich és Matheron publikációja is (MIRCETICH és MATHERON 1980).

A tavaszi fertőzési időszakban azonban, míg *P. plurivora* az őszi fertőzési időszakhoz hasonló méretű nektrózisokat okozott, a *P. cactorum* által előidézett léziók területe szignifikánsan nagyobbak bizonyult, mint az őszi fertőzésnél tapasztalt ($p=0,00037$). Alma alanyokkal végzett kísérletek alapján, Jeffers és Aldwinckle már 1986-ban kimutatta, hogy az egyes *Phytophthora* fajok más-más időpontban tudják leginkább kolonizálni a gazdanövény szöveteit. Eredményeik alapján elkülönült egy csoport, melynek tagjai esetében egy nyári és egy őszi-téli kolonizációs maximum van, és egy másik csoport, melybe tartozó fajok, így a *P. cactorum* is, tavasz végén-nyáron képesek a szöveteket leginkább kolonizálni (JEFFERS és ALDWINCKLE 1986). Hasonló eredményt mutatott ki Browne és Mircetich is: szintén alma alanyok vizsgálatakor, *P. cactorum* esetében a legnagyobb területű nektrózisok tavasz végi, májusi fertőzés után, nyáron alakultak ki, míg a nyugalmi periódusban vagy márciusban végzett fertőzések nagyon kis területű nektrózisokat okoztak (BROWNE és MIRCETICH 1996). Eredményeim alapján, az alma alanyok esetében kimutatott szezonális változás a *P. cactorum* virulenciájában, feketedió esetében is igaznak bizonyult.

A mesterséges fertőzési kísérlet eredményei alapján *P. polonica* feketedióval szembeni mérsékelt patogenitása is igazolódott. A szakirodalomban *P. polonica* dió fajokkal szembeni patogenitásáról nem találtam korábbi adatot.

6.3.2. Mézgás éger csemeték mesterséges fertőzése

A patogenitásvizsgálathoz választott *Phytophthora* fajok gyökérokórozók. Az elsődleges tünetek a gyökérzetben jelentkeznek, a föld feletti növényi részekben a másodlagos tünetek rendszerint időbeli késleltetéssel jelennek meg. Ez magyarázhatja, hogy a gyökérfertőzési kísérletek esetében miért nem tapasztaltam szignifikáns különbséget a kezelési csoportok egészségi állapotában a hajtás tünetei alapján, míg szignifikáns különbség adódott a gyökérzet állapotára alapján ($p=0,0000$), a Kruskal-Wallis teszt szerint.

A vizsgált fitoftórák közül a nagy patogenitású *P. alni* a fákat a törzsön lévő sebeken, lenticellákon keresztül is képes megfertőzni (STRNADOVÁ és mtsai 2010; OSSWALD és mtsai 2014). Ebben az esetben a szállítószöveteket a törzsben és a gyökerekben is roncsolja, aminek következtében a víz és ásványi anyagok, valamint az asszimilátumok gyökérzet és korona közötti szállítódása károsodik. A folyamat végül a fa pusztulásához vezet (OSSWALD és mtsai 2014). A kórokozónak ez a képessége feltehetően indokolja a *P. alnival*, csak sebzésen keresztül fertőzött csemeték gyökérzetének a többi, sebinokulációval fertőzött csoportéhoz képesti szignifikáns mértékű károsodását.

Szabó és Lakatos 2008. évi publikációjában egy hasonló patogenitásvizsgálat eredményét találjuk. Sebfertőzéssel vizsgálták *P. gonapodyides*, *P. alni ssp. uniformis*, *P. inundata* és egy akkor ismeretlen, a később leírt *P. lacustris*-hoz nagyon hasonló faj egy-egy izolátumának patogenitását (SZABÓ és LAKATOS 2008). Az általuk használt *P. gonapodyides* izolátum több mint kétszer nagyobb területű nektrózist ($93,49 \text{ mm}^2$) okozott, mint az általam használt ($45,61 \text{ mm}^2$). Ez arra is utalhat, hogy patogenitás tekintetében is nagy a fajon belüli változatosság e faj esetében. Az általam használt *P. alni ssp. multififormis* izolátum ezzel szemben átlagosan közel háromszor nagyobb kiterjedésű nektrózisokat okozott ($502,32 \text{ mm}^2$), mint az akkor Szabó és Lakatos által használt PAU izolátum ($172,79 \text{ mm}^2$). Az általuk használt *P. inundata* izolátum által okozott nektrózisok területe ($36,76 \text{ mm}^2$) hasonló az eredményeimhez ($33,68 \text{ mm}^2$). Az ismeretlen faj által okozott nektrózisok területe ($120,95 \text{ mm}^2$) szintén hasonló az általam használt *P. lacustris* izolátum okozta nektrózisokhoz ($132,59 \text{ mm}^2$). (SZABÓ és LAKATOS 2008)

A patogenitásvizsgálat eredményei a Brasier és Kirk (2001) által leírtakkal is összevethetőek. Sebfertőzési kísérleteik során más *Phytophthora* fajok mellett *P. alni*-t és *P. gonapodyides*-t is használtak. Eredményeik szerint is a *P. alni* a legagresszívabb fitoftóra égerrel szemben, míg a *P. gonapodyides* által okozott nektrózisok területe nem különbözött szignifikáns mértékben a nem fertőzött, kontroll csemetéken tapasztaltaktól. (BRASIER és KIRK 2001)

Nechwatal és mtsai (2013) a patogenitásvizsgálatot sebfertőzéssel és talajfertőzéssel is elvégezték, többek közt *P. gonapodyides* és *P. lacustris* izolátumok felhasználásával. Eredményeik szerint, gyökérfertőzés esetén a gyökérzet tömege mindkét *Phytophthora* esetében szignifikáns mértékben csökken. Kísérleteik alapján mindkét faj hasonlóan kis területű nektrózisokat okoz mézgás éger csemeték törzsén. Ezeknek a nektrózisoknak a területe nem tér el szignifikáns mértékben a kontroll csemeték esetében tapasztalható seb területétől, ám szignifikánsan kisebbek, mint a *P. alni* által okozottak. *P. gonapodyides* esetében eredményeik megerősítik az általam tapasztaltat. A *P. lacustris* esetében az eredmények összehasonlítása felveti annak lehetőségét, hogy patogenitás tekintetében is nagy fajon belüli változatosság van e faj esetében is. (NECHWATAL és mtsai 2013)

P. lacustris, *P. gonapodyides* és *P. inundata* mellett *P. gregata* is egy 6. kládba tartozó *Phytophthora* faj. Patogenitásáról nem találtam adatokat a szakirodalomban.

Jung és mtsai úgy gondolják, ez a faj a többi 6. kládba tartozó fajhoz hasonlóan, fakultatív parazita (JUNG és mtsai 2011). A patogenitásvizsgálat eredményei ezt látszanak megerősíteni.

6.3.3. Madárcseresznye csemeték mesterséges fertőzése

A felhasznált talajtípusok közt a legnagyobb eltérés a talaj fizikai féleségében mutatkozott. A pusztuló erdőrészlet talajához hasonló, Sárvár jelzésű talaj fizikai félesége homokos vályog volt, míg a kontrollként használt talajtípus agyagos vályog. A két talajtípus kémhatásában mutatkozó különbség a *P. plurivora* terjedését, növekedését nem befolyásolja. *P. polonica* pH igényeivel kapcsolatos információ nem áll rendelkezésre. Ásványi anyagok tekintetében, a kalcium, kálium, nitrogén és mangán koncentrációban volt jelentős eltérés a talajtípusok között. Ugyan a talált két *Phytophthora* faj egyes talajalkotókhöz való viszonyával kapcsolatos irodalmak nem állnak rendelkezésemre, más *Phytophthora* fajok példái igen. A magasabb oxidált nitrogén tartalom elősegítheti az éger fitofitórás betegségének kialakulását (GIBBS és mtsai 1999). Ezzel szemben, a magasabb kalcium tartalom a *P. parasitica* zoospóráinak kibocsátását, illetve a betokozódott zoospórák csírázását gátolja, így a fertőzés ellen hat (VON BROEMSEN és DEACON 1997). Bár a mangán a növényi védekező rendszer erősítésével sok növénybetegség erélyét csökkenteni képes, *Phytophthora cinnamomi*-avokádó kapcsolatban épp ellenkezőleg hat (FALCON és mtsai 1984). A kontroll talaj kétszer magasabb kalcium tartalma feltehetően a magasabb nitrogén tartalom ellenére is csökkentette a kialakuló betegség súlyosságát, míg a homokos vályog talaj közel tízszeres mangántartalma növelhette azt. A feltételezések igazolásához a kivitelezettnél jobban kontrollált, kiterjedtebb patogenitás tesztekre, és a növényi tápanyagfelvétel vizsgálatára lenne szükség. Ezek azonban nem képezték a jelen doktori kutatás célját.

Mind a törzsfertőzési, mind a gyökérfertőzési kísérlet igazolta mindkét kórokozó patogenitását madárcseresznye csemetékkel szemben. A faktoriális ANOVA eredményei alátámasztják, hogy a kedvezőtlen termőhelyi tényezők a fák legyengüléséhez, védekező- és regenerációs képességük romlásához vezethettek, hiszen a gyökérzet állapotában és a gyökérzet szélességében mutatkozó szignifikáns eltéréseket a kórokozó ($p=0,0000$, ill. $p=0,0010$) és a talaj ($p=0,0153$, ill. $p=0,0000$) is szignifikáns mértékben magyarázza. A csemeték föld feletti részeinek állapotában jelentkező szignifikáns eltéréseket csak a talajtípus magyarázta ($p=0,0000$), feltehetően a kísérlet rövid inkubációs ideje miatt. Az eredmények a *Prunus* nemzetségbe tartozó csonthéjasok új, veszélyes kórokozóira hívják fel a figyelmet. Továbbá, ismételten intenek arra, hogy az erdőfelújítás során a termőhelyi tényezőket nem szabad figyelmen kívül hagyni.

6.3.4. Kocsánytalan tölgy csemeték mesterséges fertőzése

Mind a talajfertőzési, mind a sebfertőzési kísérlet eredménye igazolta mindhárom vizsgált *Phytophthora* faj patogenitását kocsánytalan tölgy csemetékkel szemben. Míg a három faj gyökérzetre kifejtett negatív hatásában nem mutatkozott szignifikáns különbség, a sebinokulációs kísérlet során *P. plurivora* szignifikánsan nagyobb területű nektrózisokat (átlagosan $161,68 \text{ mm}^2$) okozott, mint a legkisebb területű nektrózisokat (átlagosan $22,78 \text{ mm}^2$) előidéző *P. gonapodyides* ($p=0,040093$). A *P. lacustris* által okozott nektrózisok (átlagosan $31,30 \text{ mm}^2$) nem különböztek szignifikáns mértékben a másik két faj által okozottaktól. A három vizsgált faj agresszivitására vonatkozó eredmény egybecseng Brasier és Kirk 2001-ben publikált, fáröncök fertőzése alapján kapott eredményeivel. Kísérleteik alapján *P. citricola* a legagresszívabb kocsányos tölgytel szemben (BRASIER és KIRK 2001).

Brasier és Kirk, a már idézett publikációjukban említik, hogy *P. cambivora* és *P. cinnamomi* eltérő agresszivitást mutat mézgás éger és kocsányos tölgy fertőzése esetén, utóbbi fafajon jóval kisebb területű nekروزisokat okozva (BRASIER és KIRK 2001). Hasonló eredmény állapítható meg a dolgozat sebfertőzési kísérletei alapján: *P. lacustris* és *P. gonapodyides* is nagyobb méretű nekروزisokat okoztak mézgás éger csemetéken (*P. lacustris*: 132,59 mm²; *P. gonapodyides*: 45,61 mm²), mint kocsánytalan tölgy csemeték esetében.

6.4. A védekezési lehetőségek vizsgálata

Bár a mért és számított átlag értékek alapján a mikorrhizált csemeték minden vizsgált paraméter tekintetében erősebbnek, jobbnak tűntek, mint a nem mikorrhizált társaik, a nem fertőzött csoportokban ez a különbség nem volt statisztikailag szignifikáns mértékű.

Összességében elmondható, hogy a réz hatóanyaggal történő védekezés nem képes megóvni a csemetéket a *P. cambivora* támadása ellen, ugyanakkor károsítja a természetes módon vagy mikorrhizálás következtében kialakult mikorrhizát. Ezzel szemben, a foszfittal való kezelés hatására a fertőzött csemeték mortalitása nullára csökkent, míg a mikorrhiza nem károsodott. A kísérletek eredményei alapján, a leginkább javasolható védekezési mód a csemeték mesterséges mikorrhizálása és a foszfittal történő tápszerezés.

A foszfit tápoldat injektálással történő fába juttatását *Phytophthora*-fertőzés ellen szelídgesztenye (PROSPERO és mtsai 2013) és mediterrán tölgyek esetében is sikeresen alkalmazzák, az integrált növényvédelmi technológia részeként. Kijuttatása fiatal fák, csemeték esetében azonban a száraz levélfelületre történő permetezéssel, illetve locsolással is megoldható, így csemetekertekben, faiskolákban is alkalmazható a technológia. A megfelelő tápanyag-ellátottság biztosítása mellett, a fák közötti kompetíció csökkentése és mindenekelőtt kötött, vízállásos talajok esetén a vízelvezetés megoldása is rendkívül fontos a hatékony védekezéshez (PROSPERO és mtsai 2013).

Az ektomikorrhiza talajban élő kórokozók elleni hatékony védelme régóta ismert. Az ektomikorrhiza a gyökérokórokozók ellen, így a *Phytophthora* fajok ellen is, mechanikai és kémiai védelmet is biztosít (BARHAM és mtsai 1974), gátolva a kórokozó növekedését, illetve a zoospórák megtapadását. Hatásosságát szelígesztenye tintabetegségével szemben más tanulmányok is kimutatták (BRANZANTI és mtsai 1999).

7. Összefoglalás

A *Phytophthora* nemzetség fajainak száma 1996 óta csaknem megkétszereződött, részben a molekuláris biológiai módszerek elérhetőbbé válása, részben a nemzetséggel foglalkozó kutatócsoportok növekvő száma miatt. A nemzetségbe mezőgazdasági, kertészeti kultúrák és erdei fák veszélyes kórokozói tartoznak, melyek jelenlétéről sok esetben akkor szerzünk tudomást, amikor már jelentős gazdasági vagy ökológiai kárt okoztak. Több esetben az újonnan leírt faj származási helye, ökológiai igényei, potenciális gazdanövényköre ismeretlen, inváziója így előre nem látható veszélyeket rejt magában. Míg a kertészeti és mezőgazdasági kultúrákban előforduló *Phytophthora* fajokról viszonylag gazdag ismerettel rendelkezünk, az erdőkben és más ökoszisztémákban előforduló fajokról, azok változatosságáról, ökológiai igényeiről az utóbbi másfél évtizedben kezdtek gyarapodni az ismeretek, ám ezek az ismeretek még korántsem teljesekek.

A doktori disszertáció megírásával a Magyarországon, erdei ökoszisztémákban előforduló *Phytophthora* fajokról rendelkezésre álló információkat szeretném bővíteni. Ennek érdekében négy-négy alkalommal végeztem felméréseket két, 20 jelölt fából álló mintaterületen, egy mézgás éger és egy feketedió állományban (Hanság), továbbá vizsgáltam két, feltehetően *Phytophthora*-fertőzés következtében pusztuló, friss tüneteket mutató erdőrészletben (Sárvár térsége), és két évig monitoring-szerű felméréseket végeztem a Soproni-hegyvidéken, a Rák-patak vízgyűjtőjéhez tartozó források által szállított *Phytophthora*-fajok vizsgálatára.

Phytophthora-fajokban leggazdagabbnak a hansági éger mintaterület bizonyult: innen kilenc *Phytophthora* taxont sikerült azonosítani. Ezek a következők: *P. lacustris*, *P. alni*, *P. inundata*, *P. gregata*, *P. plurivora*, *P. gonapodyides*, *p. polonica*, *P. sp. oaksoil*, és *P.sp. hungarica*. A vizsgált feketedió állományokban a *P. plurivora* mellett *P. cactorum* (Kapuvár) és *P. polonica* (Sárvár) fordult elő. Madárcseresznye fák gyökeréből és gyökérszónájából: *P. plurivora* és *P. polonica*. A Soproni-hegyvidék vízfolyásaiból négy faj jelenlétét lehetett kimutatni a kísérlet két éve alatt. Ezek a *P. gonapodyides*, *P. lacustris*, *P. plurivora* és a *P. pseudosyringae*. A fajok közül a leginkább általános elterjedésű a *P. plurivora* volt, azonban a vízfolyásokban a *P. lacustris* is általánosan elterjedtnek bizonyult.

A vizsgált területek egészségi állapotának romlása feltehetően összefügg a hosszan tartó csapadékhiánnyal és ennek következtében a talajvízszint csökkenésével, melyek a fákat legyengíthették, csökkentve regenerációs képességüket. Így a heves nyári esőzések, az aszályt váltó csapadékos évek és áradások hatására felszaporodó *Phytophthora*-populációk kártételét a fák valószínűleg nem, vagy csak kevésbé tudták kompenzálni, melynek következménye az egészségi állapot romlása vagy új erdőpusztulások lettek.

Szezonális változások a *Phytophthora* fajok előfordulásában csak a Soproni-hegyvidék patakjai esetében voltak észlelhetők: itt, a legtöbb mintavételnél jelentősen magasabb diverzitású mintavételek mellett, két, statisztikailag gyengén támogatott időszak különül el: egy tavaszi-kora nyári és egy nyári-őszi időszak. A két hansági mintaterület esetében sem a fajkészletek, sem a diverzitási mutatók alapján nem mutathatók ki szezonális változások.

Termőhelyi tényezők hatásai közül a havi és megelőző havi csapadékmennyiség, valamint a havi és megelőző havi hőmérsékleti viszonyok mindkét területen jelentős mértékben befolyásolták a vízigényes *Phytophthora* fajok előfordulását. Emellett, a Soproni-hegyvidék esetében a vízmélység, a víz pH-ja és a vízhőmérséklet is befolyásolt, ugyan lényegesen kisebb mértékben. A Dél-Hanságban a megelőző tél

fagyos és téli napjainak száma, a nyári hőségnapok száma, valamint a havi és a megelőző havi talajvízszint korrelált még a fajok előfordulásával

Vizsgáltam a gyakoribb fajok genetikai diverzitását is, az ITS1-5.8S-ITS2 szakasz szekvenciái alapján. A legváltozatosabbnak *P. lacustris*-t találtam (11 allél), míg a korábbi felmérések mindössze egy allélt találtak. A tapasztalt genetikai változatosság okainak feltárása további kutatómunkát igényel. *P. gonapodyides* esetében nyolc allélt találtam, melyek közül négy a korábbi, magyarországi felmérések során nem került elő. *P. cactorum* esetében a korábban is publikált két allél fordult elő jelenleg is, míg *P. plurivora* esetében a korábbiak mellett két új allélt mutattam ki. Az általam vizsgált törzsek adatai alapján, a talajban és az élővizekben a *Phytophthora* fajok ITS1-5.8S-ITS2 szakasz alapján megállapítható genetikai diverzitása közel azonos.

A fajazonosítás során nehéz helyzet adódott *P. polonica* esetében. Két izolátum (139/2, 142/1) esetében a morfológiai vizsgálat önmagában nem bizonyult elégségesnek. Bár ITS szekvenciák alapján a GenBank-i homológok *P. polonica*-k, a többi *P. polonica* szekvenciához képesti nagy eltérések felvetik a kérdést: vajon tényleg *P. polonica*-ról van-e szó. Ezzel szemben, a TEF1A szakasz vizsgálata alapján semmi okunk azt feltételezni, hogy ez a két izolátum nem *P. polonica*. A kérdés minden kétséget kizáró megválaszolása azonban további vizsgálatokat igényel.

A kivitelezett patogenitásvizsgálatok törzssebzéses és talajfertőzési módszerrel is igazolták a vizsgált fajok-eltérő mértékű-patogenitását: mézgás égerrel szemben *P. inundata*, *P. lacustris*, *P. alni*, *P. gonapodyides* és *P. taxon raspberry*, feketedióval szemben *P. cactorum*, *P. plurivora* és *P. polonica*, madárcseresznyével szemben *P. plurivora* és *P. polonica*, míg kocsánytalan tölgygel szemben *P. gonapodyides*, *P. lacustris* és *P. plurivora* esetében.

A vizsgált növényvédelmi eljárások közül szelídgesztenye-*P. cambivora* kapcsolatban, szabadföldi körülmények között a mikorrhizálás és a foszfit hatóanyagú tápoldat alkalmazása javasolható, míg a réz tartalmú fungicidek alkalmazása kerülendő. A többi *Phytophthora sp.*-fásszárú gazdanövény kapcsolat esetében a védekezési lehetőségek vizsgálata további kutatómunkát igényel.

A dolgozat eredményei alapján a tézisek a következők:

1. Mézgás éger állományból vizsgálataim során a *P. alni ssp. multiformis*, *P. lacustris*, *P. gonapodyides*, *P. inundata*, *P. taxon raspberry*, *P. sp. oaksoil*, *P. sp. hungarica*, *P. plurivora* és *P. polonica* taxonokat azonosítottam. *P. polonica* hazai előfordulását csak egy OTKA kutatási jelentés említi eddig (BAKONYI 2011).
2. Feketedió állományokból három *Phytophthora* fajt azonosítottam: *P. cactorum*, *P. polonica* és *P. plurivora*. *P. polonica* esetében, pusztuló feketedió állomány talajából, ez az első előfordulási adat.
3. Pusztuló madárcseresznye fák gyökeréből és gyökérszónájának talajából – a fafaj új kórokozóiként – *P. polonica*-t és *P. plurivora*-t azonosítottam.
4. Erdei patakok vizéből az alábbi *Phytophthora* fajokat azonosítottam: *P. gonapodyides*, *P. lacustris*, *P. plurivora*, *P. pseudosyringae*. Valamennyi faj esetében szezonális változások figyelhetők meg (5.16 ábra). Bár az izolálás sikeressége a havi csapadékmennyiségen múltott, *P. gonapodyides*, *P. lacustris* és *P. plurivora* előfordulását vagy hiányát a havi és a mintavételt megelőző havi átlaghőmérséklet, a havi legmagasabb és legalacsonyabb hőmérséklet és a vízhőmérséklet befolyásolta ($p=0,341577$).
5. A Dél-Hanságban a *Phytophthora* fajok előfordulását a következő környezeti tényezők befolyásolták: a havi és a megelőző havi csapadék mennyisége, a megelőző tél fagyos és

- téli napjainak száma, a havi átlaghőmérséklet, a megelőző havi átlaghőmérséklet és a nyári és hőségnapok száma, a havi és megelőző havi talajvízszint ($p=0,356348$ a hőmérsékleti komponensek esetében, $p=-0,370230$ a csapadékviszonyok, $p=-0,192925$ a talajvízszint adatok esetében).
6. ITS szekvenciák alapján Magyarországra nézve *P. plurivora* esetében kettő, *P. gonapodyides* esetében négy, *P. lacustris* esetében tíz új allélt találtam.
 7. Igazoltam a gyűjtött *P. plurivora*, *P. cactorum* és *P. polonica* izolátumok patogenitását feketedió csemetékkel szemben. *P. polonica* esetében feketedióra vonatkozóan ez az első adat. Szezonális eltéréseket találtam a *P. cactorum* feketedióval szembeni agresszivitásában.
 8. Igazoltam *P. plurivora* és *P. polonica* patogenitását madárcseresznye csemetékkel szemben. Mindkét kórokozó faj esetében ez az első adat. A *P. polonica*-madárcseresznye kapcsolatban, igazoltam a termőhely jelentős hatását a betegség kimenetelére.
 9. Igazoltam a gyűjtött *P. plurivora*, *P. lacustris* és *P. gonapodyides* izolátumok patogenitását kocsánytalan tölgy csemetékkel szemben.
 10. A védekezési kísérlet során alkalmazott dózisban, a réz-oxiklorid hatóanyagú fungicid – szemben a gyártói útmutatóval – a szelídgesztenye tintabetegsége ellen nem hatásos. A mikorrhiza kapcsolatot a réz-oxiklorid viszont károsítja, míg a foszfit nem.
 11. *P. hydropathica*-t és *P. gallica*-t izoláltam egy dél-hansági csatornából. Ez a két *Phytophthora* faj első magyarországi adata.

8. Köszönetnyilvánítás

Mindenekelőtt, szeretnék köszönetet mondani témavezetőimnek, Prof. Dr. Lakatos Ferencnek és Prof. Dr. Szabó Ilonának, akik lehetőséget biztosítottak a disszertáció elkészítésére és tanácsaikkal, útmutatásukkal segítették munkámat. Köszönöm Dr. Frank Norbertnek és Dr. Koltay Andrásnak a dolgozatom javítását célzó áldozatos munkáját.

A kutatás anyagi háttérének biztosításáért köszönettel tartozom a TÁMOP 4.2.1/B-09/KONV-2010-0006, a GOP-2008-1.1.1.-08/1/2008-0104, a TALENTUM TÁMOP 4.2. 2/B-10/1-2010-0018, a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0004 és a COST-FP0801 projekteknek.

Szeretnék köszönetet mondani jelenlegi és egykori kollégáimnak, akik tanácsaikkal vagy fizikai munkájukkal segítették doktori kutatásaimat. Köszönettel tartozom Andrési Dánielnek, Dankó Tibornénak, Gyurkovics Renátának, Molnár Miklósnak, Dr. Sipos Györgynek és Dr. Tóth Viktóriának.

Szeretném megköszönni a Szombathelyi Erdészeti Zrt. Sárvári Erdészeti Igazgatóságának és a Kisalföldi Erdőgazdaság Zrt. Kapuvári Erdészeti Igazgatóságának, hogy mintavételeket végezhettem működési területükön. Külön köszönettel tartozom Nagy László erdőművelési műszaki vezetőnek és Stefcsik Viktória műszaki vezetőnek. Köszönöm a TAEG Zrt-nek és a Tóalmi Csemetekert dolgozóinak, hogy lehetővé tették a patogenitásvizsgálatok egy részének kivitelezését. Köszönöm a Nyugat-magyarországi Egyetem Botanikus Kert dolgozóinak, hogy a védekezési lehetőségek vizsgálatának kivitelezéséhez helyet biztosítottak. Köszönettel tartozom a TAEG Zrt-nek, Csapó Gyulának, és a Sarkpont Zrt-nek a fertőzési kísérlethez felhasznált csemetékért.

Köszönettel tartozom a Nyugat-Dunántúli Vízügyi Igazgatóságnak és az Észak-Dunántúli Vízügyi Igazgatóságnak, hogy a szükséges talajvízállás adatokat rendelkezésemre bocsátották. Köszönöm Dr. Berki Imrének és Gulyás Krisztinának (NYME-Környezet- és Földtudományi Intézet) a Hanságra, Sárvár térségére és Sopronbánfalvára vonatkozó meteorológiai adatokat, illetve az adatok értékelési módjaival kapcsolatos eszmecsereért. Hálával tartozom a svájci WSL-Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape kutatóintézet munkatársainak a talajvizsgálat kivitelezéséért.

Végül, köszönettel tartozom nagyapámnak, aki a talajfertőzési kísérleteknek helyet biztosított, szüleimnek, húgomnak és férjemnek, akik amellet, hogy a lelki és anyagi háttér biztosításában segítettek, a mintavételezések és a patogenitásvizsgálatok munkálataiban is aktívan részt vettek.

9. Felhasznált irodalom

- Aghighi, S.;Hardy, G. E. St. J.;Scott, J. K.;Burgess, T. I. (2012): *Phytophthora bilorbang* sp. nov., a new species associated with the decline of *Rubus anglocandicans* (European blackberry) in Western Australia. European Journal of Plant Pathology DOI: 10.1007/s10658-012-0006-5.
- Aradhya, M. K.;Potter, D.;Gao, F.;Simon, C. J. (2007): Molecular phylogeny of *Juglans* (*Juglandaceae*): a biogeographic perspective. Tree Genetics & Genomes **3**: 363-378.
- Bakonyi, J.; Nagy, Z. Á.; Érsek, T. (2006): PCR-based DNA Markers for Identifying Hybrids within *Phytophthora alni*. Journal of Phytopathology 154(3):168-177.
- Balci, Y.;Halmschlager, E. (2003a): Incidence of *Phytophthora* species in oak forests in Austria and their possible involvement in oak decline. Forest Pathology **33**: 157-174.
- Balci, Y.;Halmschlager, E. (2003b): *Phytophthora* species in oak ecosystems in Turkey and their association with declining oak trees. Plant Pathology **52**: 694-702.
- Barham, R. O.;Marx, D. H.;Ruehle, J. L. (1974): Infection of Ectomycorrhizal and Nonmycorrhizal Roots of Shortleaf Pine by Nematodes and *Phytophthora cinnamomi*. Phytopathology **64**: 1260-1264.
- Belbahri, L.;Moralejo, E.;Calmin, G.;Oszako, T.;García, J. A.;Descals, E.;Lefort, F. (2006): *Phytophthora polonica*, a new species isolated from declining *Alnus glutinosa* stands in Poland. FEMS Microbiology Letters **261**(2): 165-174.
- Belisario, A.;Galli, M. (2012): Phytophthora on *Juglans* spp. (walnuts). JKI Data Sheets: Plant Diseases and Diagnosis. **7**.
- Bernadovičová, S.;Juhásová, G. (2005): Cultural characteristics of *Phytophthora* fungi - causal agents of ink disease on chestnut trees (*Castanea sativa* Mill.) in Slovakia. Folia Oecologica **32**(2): 51-58.
- Blair, J. E.;Coffey, M. D.;Park, S. Y.;Geiser, D. M.;Kang, S. (2008): A multi-locus phylogeny for *Phytophthora* utilizing markers derived from complete genome sequences. Fungal Genetics and Biology **45**: 266-277.
- Blaschke, H.;Jung, T. (1996): Symptome und Nachweis eines *Phytophthora*-Befalls an Eichen. Eichensterben in Deutschland. Situation, Ursachenforschung und Bewertung. A. Wulf, Kehr, R. Berlin, Parey Buchverlag. **318**.
- Blom, J. M.;Vannini, A.;Vettraino, A. M.;Hale, M. D.;Godbold, D. L. (2009): Ectomycorrhizal community structure in a healthy and a *Phytophthora*-infected chestnut (*Castanea sativa* Mill.) stand in Central Italy. Mycorrhiza **20**: 25-38.
- Borhidi, A. (2003): Magyarország növénytársulásai. Budapest, Akadémiai Kiadó.
- Bosshard, E.;Rüegg, J.;Heller, W. (2004). Bodenmüdigkeit, Nachbauprobleme und Wurzelkrankheiten. Schweizerische Zeitschrift für Obst-und Weinbau **10**(4): 6-9.
- Branzanti, M. B.;Rocca, E.;Pisi, A. (1999): Effect of ectomycorrhizal fungi on chestnut ink disease. Mycorrhiza **9**: 103-109.
- Brasier, C. M. (1969): The effect of light and temperature on reproduction in vitro in two tropical species of *Phytophthora*. Transactions of the British Mycological Society **52**: 105-113.
- Brasier, C. M. (1996): *Phytophthora cinnamomi* and oak decline in southern Europe. Environmental constraints including climate change. Annals of Forest Science **53**: 347-358.
- Brasier, C. M.;Cooke, D. E. L.;Duncan, J. M. (1999): Origin of a new *Phytophthora* pathogen through interspecific hybridization. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America **96**: 5878-5883.

- Brasier, C. M.;Kirk, S. A. (2001): Comparative aggressiveness of standard and variant hybrid alder phytophthoras, *Phytophthora cambivora* and other *Phytophthora* species on bark of *Alnus*, *Quercus* and other woody hosts. *Plant Pathology* **50**: 218-229.
- Brasier, C. M.;Kirk, S. A.;Delcan, J.;Cooke, D. E. L.;Jung, T.;Man In't Veld, W. A. (2004): *Phytophthora alni* sp. nov. and its variants: designation of emerging heteroplloid hybrid pathogens spreading on *Alnus* trees. *Mycological Research* **108**(10): 1172-1184.
- Brasier, C. M.;Rose, J.;Gibbs, J. N. (1995): An unusual *Phytophthora* associated with widespread alder mortality in Britain. *Plant Pathology* **44**: 999-1007.
- Brasier, C. M.;Sanchez-Hernandez, E.;Kirk, S. A. (2003): *Phytophthora inundata* sp. nov., a part heterothallic pathogen of trees and shrubs in wet or flooded soils. *Mycological Research* **107**(4): 477-484.
- Brasier, C. M.;Webber, J. (2010): Sudden larch death. *Nature* **466**(12): 824-825.
- von Broembsen, S. L.; Deacon, J. W. (1997): Calcium Interference with Zoospore Biology and Infectivity of *Phytophthora parasitica* in Nutrient Irrigation Solutions. *Phytopathology* **87**:522-528.
- Browne, G. T.; Mircetich, S. M. (1996): Effects of month of inoculation on severity of disease caused by *Phytophthora* spp. in apple rootcrowns and excised shoots. *Phytopathology* **86**:290-294.
- Cech, T. L. (1997). *Phytophthora* - Krankheit der Erle in Österreich. *Forstschutz Aktuell* **19**(20): 14-16.
- Cech, T. L. (1998): *Phytophthora* decline of alder (*Alnus* spp.) in Europe. *Journal of Arboriculture* **24**(6): 339-343.
- Černý, K.;Gregorová, B.;Strnadová, V.;Tomšovský, M.;Holub, V.;Gabrielová, S. (2008): *Phytophthora cambivora* causing ink disease of sweet chestnut recorded in the Czech Republic. *Czech Mycologia* **60**(2): 265-274.
- Cerny, K.;Strnadová, V. (2012): Winter survival of *Phytophthora alni* subsp. *alni* in aerial tissues of black alder. *Journal of Forest Science* **58**(7): 328-336.
- Cooke, D. E. L.;Duncan, J. M. (1997): Phylogenetic analysis of *Phytophthora* species based on ITS1 and ITS2 sequences of the ribosomal RNA gene repeat. *Mycological Research* **101**(6): 667-677.
- Cooke, D. E. L.;Schena, L.;Cacciola, S. O. (2007): Tools to detect, identify and monitor *Phytophthora* species in natural ecosystems. *Journal of Plant Pathology* **89**(1): 13-28.
- Cooke, D.E.L.;Drenth, A.;Duncan, J. M.;Wagels, G.;Brasier, C. M. (2000): A Molecular Phylogeny of *Phytophthora* and Related *Oomycetes*. *Fungal Genetics and Biology* **30**: 17-32.
- Csóka, Gy.; Tóth, J.; Koltay, A. (1999): Trends of the sessile oak decline in North-Eastern Hungary. In: Forster, B., Knížek, M., Grodzki, W. (szerk.): *Methodology of Forest Insect and Disease Survey in Central Europe. Proceedings of the Second Workshop of the IUFRO WP 7.03.10. April, 20-23, 1999. Sion-Châteauneuf, Switzerland.*
- Danszky, I. (Szerk. 1963a): Magyarország erdőgazdasági tájainak erdőfelújítási, erdőtelepítési irányelvei és eljárásai. Budapest, Országos Erdészeti Főigazgatóság. Mezőgazdasági Könyv - és Folyóiratkiadó Vállalat.
- Danszky, I. (Szerk. 1963b): Magyarország erdőgazdasági tájainak erdőfelújítási, erdőtelepítési irányelvei és eljárásai. Országos Erdészeti Főigazgatóság. Mezőgazdasági Könyv - és Folyóiratkiadó Vállalat.
- Deák, T. (2010): Molekuláris markerek alkalmazása a szőlő magvatlanságának követése és *Rosa* L. taxonok rokonsági viszonyainak vizsgálatára. Kertészettudományi Doktori Iskola. Budapest, Budapesti Corvinus Egyetem. **Ph. D.**

- Dhingra, O. D.; Sinclair, J. B. (1995): *Basic Plant Pathology Methods*. Boca Raion, CRC Press.
- Eke, I.; Gál, T. (1977): A szelídesztenye tintabetegségének fellépése Magyarországon. *Növényvédelem* **XIII**.(12.): 533-537.
- Eke, I.; Vajna, L. (1985): A tölgypusztulás elleni védekezés lehetőségei. *Növényvédelem* 21(7):311.
- Elegbede, C. F.; Pierrat, J. C.; Aguayo, J.; Husson, C.; Halkett, F.; Marçais, B. (2010): A Statistical Model to Detect Asymptomatic Infectious Individuals with an Application in the *Phytophthora alni*-Induced Alder Decline. *Phytopathology* **100**(11): 1262-1269.
- English, J. T.; Laday, M.; Bakonyi, J.; Schoelz, J. E.; Érsek, T. (1999): Phenotypic and molecular characterization of species hybrids derived from induced fusion of zoospores of *Phytophthora capsici* and *Phytophthora nicotianae*. *Mycological Research* 103(8):1003-1008.
- Érsek, T.; Schoelz, J. E.; English, J. T. (1994): PCR Amplification of Species-Specific DNA Sequences Can Distinguish among *Phytophthora* Species. *Applied and Environmental Microbiology* 60(7):2616-2621.
- Érsek, T.; English, J. T.; Schoelz, J. E. (1995): Creation of species hybrids of *Phytophthora* with modified host ranges by zoospore fusion. *Phytopathology* 85:1343-1347.
- Érsek, T.; Ribeiro, O. K. (2010): Mini Review Article: An Annotated List of New *Phytophthora* Species Described Post 1996. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* **45**(2): 251-266.
- Erwin, D. C.; Ribeiro, O. K. (1996): *Phytophthora* Diseases Worldwide. St. Paul, Minnesota, APS Press The American Phytopathological Society.
- Falcon, M. F.; Fox, R. L.; Trugillo, E. E. (1984): Interactions of soil pH, nutrients and moisture on *Phytophthora* root rot of avocado. *Plant and Soil* 81:165-176.
- Ferguson, A. J.; Jeffers, S. N. (1999): Detecting multiple species of *Phytophthora* in container mixes from ornamental crop nurseries. *Plant Disease* **83**: 1129-1136.
- Filipe, J. A. N.; Cobb, R. C.; Meentemeyer, R. K.; Lee, C. A.; Valachovic, I. S.; Cook, A. R.; Rizzo, D. M.; Gilligan, C. A. (2012): Landscape Epidemiology and Control of Pathogens with Cryptic and Long-Distance Dispersal: Sudden Oak Death in Northern Californian Forests. *Plos Computational Biology* **8**(1): e1002328.
- Gallegly, M. E.; Hong, C. X. (2008): *Phytophthora* - Identifying Species by Morphology and DNA Fingerprints. St. Paul, Minnesota, The American Phytopathological Society.
- Garbelotto, M. (2008). Molecular analysis to study invasions by forest pathogens: examples from Mediterranean ecosystems. *Phytopathologia Mediterranea* **47**: 183-203.
- Gencsi, L.; Vancsura, R. (1997): *Dendrológia*. Budapest, Mezőgazda Kiadó.
- Ghimire, S. R.; Richardson, P. A.; Moorman, G. W.; Lea-Cox, J. D.; Ross, D. S.; Hong, C.X. (2009): An in-situ baiting bioassay for detecting *Phytophthora* species in irrigation runoff containment basins.
- Gibbs, J. N.; Lipscombe, M. A.; Peace, A. J. (1999): The impact of *Phytophthora* disease on riparian populations of common alder (*Alnus glutinosa*) in southern Britain. *European Journal of Forest Pathology* **29**: 39-50.
- Ginetti, B.; Moricca, S.; Squires, J. N.; Cooke, D. E. L.; Ragazzi, A.; Jung, T. (2013): *Phytophthora acerina* sp. nov., a new species causing bleeding cankers and dieback of *Acer pseudoplatanus* trees in planted forests in northern Italy. *Plant Pathology*.
- Goheen, E. M.; Hansen, E. M.; Kanaskie, A.; McWilliams, M. G.; Osterbauer, N.; Sutton, W. (2002): Sudden Oak Death Caused by *Phytophthora ramorum* in Oregon. *Plant Disease* **86**(4): 441-441.
- Halász, G. (Szerk. 2006): *Magyarország erdészeti tájai*. Budapest, Állami Erdészeti Szolgálat.

- Hammer, O.;Harper, D. A. T.;Ryan, P. D. (2001): PAST: Palaeontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* **4**(1): 9.
- Hansen, E.;Delatour, C. (1999): *Phytophthora* species in oak forests of north-east France. *Annals of Forest Science* **56**: 539-547.
- Hansen, E. M. (2008a): Alien forest pathogens: *Phytophthora* species are changing world forests. *Boreal Environment Research* **13**: 33-41.
- Hansen, E. M. (2008b): Alien forest pathogens: *Phytophthora* species are changing world forests. *Boreal Environment Research* **13**: 33-41.
- Haque, M. M.;Diez, J. J. (2012): Susceptibility of common alder (*Alnus glutinosa*) seeds and seedlings to *Phytophthora alni* and other *Phytophthora* species. *Forest Systems* **21**(2): 313-322.
- Hardy, G. E. St. J.;Barrett, S.;Shearer, B. L. (2001): The future of phosphite as a fungicide to control the soilborne plant pathogen *Phytophthora cinnamomi* in natural ecosystems. *Australasian Plant Pathology* **30**: 133-139.
- Hartmann, G.;Blank, R. (1998): Beech decline on periodically wet soils associated the *Phytophthora* root-rot. *Forst und Holz* **53**: 187-190, 192-193.
- Hohl, A.;Václavík, T.;Meentemeyer, R. K. (2014): Go with the flow: geospatial analytics to quantify hydrologic landscape connectivity for passively dispersed microorganisms. *International Journal of Geographical Information Science* **28**(8):1626-1641.
- Hong, C. X.;Gallegly, M. E.;Richardson, P. A.;Kong, P.;Moorman, G. W.;Lea-Cox, J. D.;Ross, D. S. (2010): *Phytophthora hydropathica*, a new pathogen identified from irrigation water, *Rhododendron catawbiense* and *Kalmia latifolia*. *Plant Pathology* **59**: 913-921.
- Hulvey, J.;Gobena, D. (2010): Co-occurrence and genotypic distribution of *Phytophthora* species recovered from watersheds and plant nurseries of eastern Tennessee *Mycologia* **102**(5): 1127-1133.
- Hüberli, D.;Hardy, G. E. St. J.;White, D.;Williams, N.;Burgess, T. (2013): Fishing for *Phytophthora* from Western Australia's waterways: a distribution and diversity survey. *Australasian Plant Pathology* **42**: 251-260.
- Igmándy, Z.; Pagony, H.; Szontagh, P.; Varga, F. (1985): A kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* (Matt.) Lieb) pusztulása hazánkban (1978-84). *Növényvédelem* **21**(7):311.
- Jacobs, K. A.;Johnson, G. R. (1996): Ornamental Cherry Tolerance of Flooding and *Phytophthora* Root Rot. *Horticultural Science* **31**(6): 988-991.
- Jakucs, E. (1999): A mikológia alapjai. Budapest, ELTE Eötvös Kiadó.
- Jeffers, S. N. (2006): Identifying Species of *Phytophthora*. Department of Entomology Clemson University, Soils, & Plant Sciences.
- Jeffers, S. N.; Aldwinckle, H. S. (1986): Seasonal variation in extent of colonization of two apple rootstocks by five species of *Phytophthora*. *Plant Disease* **70**:941-945.
- Jeffers, S. N.;Aldwinckle, H. S. (1987): Enhancing detection of *Phytophthora cactorum* in naturally infested soil. *Phytopathology* **77**: 1475-1482.
- Jönsson, U. (2006): A conceptual model for the development of *Phytophthora* disease in *Quercus robur*. *New Phytologist* **171**(1): 55-68.
- Jönsson, U.;Jung, T.;Rosengren, U.;Nihlgard, B.;Sonesson, K. (2003): Pathogenicity of Swedish isolates of *Phytophthora quercina* to *Quercus robur* in two different soils. *New Phytologist* **158**: 355-364.
- Juhászová, G.;Bernadovičová, S. (2004): Efficacy of biofungicides Supresivit and Polyversum against *Phytophthora* root pathogens on European chestnut (*Castanea sativa* Mill.). *Horticultural Science* **31**(3): 109-114.
- Jung, T. (2009): Beech decline in Central Europe driven by the interactions between *Phytophthora* infections and climatic extremes. *Forest Pathology* **39**: 73-94.

- Jung, T.;Blaschke, H. (1996): *Phytophthora* Root Rot in Declining Forest Trees. *Phyton* **36**(3): 95-102.
- Jung, T.;Blaschke, H.;Neumann, P. (1996): Isolation, identification and pathogenicity of *Phytophthora* species from declining oak stands. *European Journal of Forest Pathology* **26**: 253-272.
- Jung, T.;Blaschke, H.;Osswald, W. (2000): Involvement of soilborne *Phytophthora* species in Central European oak decline and the effect of site factors on the disease. *Plant Pathology* **49**(6): 706-718.
- Jung, T.;Burgess, T. I. (2009): Re-evaluation of *Phytophthora citricola* isolates from multiple woody hosts in Europe and North America reveals a new species, *Phytophthora plurivora* sp. nov. *Persoonia* **22**: 95-110.
- Jung, T.;Cooke, D. E. L.;Blaschke, H.;Duncan, J. M.;Oßwald, W. (1999): *Phytophthora quercina* sp. nov., causing root rot of European oaks. *Mycological Research* **103**(7): 785-798.
- Jung, T.;Downing, M.;Blaschke, M.;Vernon, T. (2007): *Phytophthora* root and collar rot of alders caused by the invasive *Phytophthora alni*: actual distribution, pathways and modeled potential distribution in Bavaria. In: Evans, H., Oszako, T. (Szerk. 2007): *Alien Invasive Species and International Trade*. Forest Research Institute, Warsaw, 2007.
- Jung, T.;Hansen, E. M.;Winton, L.;Oßwald, W.;Delatour, C. (2002): Three new species of *Phytophthora* from European oak forests. *Mycological Research* **106**(4): 397-411.
- Jung, T.;Nechwatal, J. (2008): *Phytophthora gallica* sp. nov., a new species from rhizosphere soil of declining oak and reed stands in France and Germany. *Mycological Research* **112**: 1195-1205.
- Jung, T.;Nechwatal, J.;Cooke, D. E. L.;Hartmann, G.;Blaschke, M.;Osswald, W.;Duncan, J. M.;Delatour, C. (2003): *Phytophthora pseudosyringae* sp. nov., a new species causing root and collar rot of deciduous tree species in Europe. *Mycological Research* **107**(7): 772-789.
- Jung, T.;Schumacher, J.;Leonhard, S.;Hartmann, G.;Cech, Th. L.;Oszako, T.;Duda, B.;Szkuta, G.;Orlikowski, L. B. (2008): Widespread *Phytophthora* infestations of nursery stock in Central Europe as a major pathway of *Phytophthora* diseases of forests and semi-natural ecosystems. 3rd International *Phytophthora* and *Pythium* Workshop: Integration of traditional and modern approaches for investigating the taxonomy and evolution of *Phytophthora*, *Pythium* and related genera, Turin, Italy.
- Jung, T.;Stukely, M. J. C.;Hardy, G. E. St. J.;White, D., Paap, T.;Dunstan, W. A.;Burgess, T. I. (2011): Multiple new *Phytophthora* species from ITS Clade 6 associated with natural ecosystems in Australia: evolutionary and ecological implications. *Persoonia* **26**: 13-39.
- Kelly, M.;Meentemeyer, R. K. (2002): Landscape Dynamics of the Spread of Sudden oak Death. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* **66**(10): 1001-1009.
- Kilejunas, J. T. (2010): *Sudden Oak Death and Phytophthora ramorum: A Summary of the Literature*. 2010 Edition, United States Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station
- Kirk, P. M.;Cannon, P. F.;Minter, D. W.;Stalpers, J. A., Eds. (2008): *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi*, CABI Europe, Wallingford.
- Koltay, A.;Illés, G.;Bakonyi, J.;Nagy, Z. Á. (2007): New Results of the Research on the Alder *Phytophthora* Disease in Hungarian Alder Stands. *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica* **Special Edition**: 209-213.
- Kövics, Gy. (2009): *Növénykórtani vademecum - angol-magyar magyar-angol szakszókincs etimológiai és fogalmi magyarázatokkal*. Debrecen, NOFKA.

- Kröber, H. (1985): Erfahrungen mit *Phytophthora* de Bary und *Pythium* Pringsheim (Experiences with *Phytophthora* de Bary and *Pythium* Pringsheim). Berlin, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem.
- Loo, J. A. (2009): Ecological impacts of non-indigenous invasive fungi as forest pathogens. *Biological Invasions* **11**: 81-96.
- Marçais, B.;Husson, C., (Szerk. 2014): *Phytophthora* on *Alnus spp.* (alders). JKI Data Sheets - Plant Diseases and Diagnosis. Quedlinburg, Julius Kühn Institut, Bundesforschungsanstalt für Kulturpflanzen.
- Martins, L.;Castro, J.;Macedo, W.;Marques, C. (2007): Assessment of the spread of chestnut ink disease using remote sensing and geostatistical methods. *European Journal of Plant Pathology* **119**: 159-164.
- Matheron, M. E.;Mircetich, S. M. (1985a): Seasonal Variation in Susceptibility of *Juglans hindsii* and Paradox rootstocks of English Walnut Trees to *Phytophthora citricola*. *Phytopathology* **75**: 970-972.
- Matheron, M. E.;Mircetich, S. M. (1985b): Influence of Flooding Duration on Development of *Phytophthora* Root and Crown Rot of *Juglans hindsii* and Paradox Walnut Rootstocks. *Phytopathology* **75**: 973-976.
- Milenković, I.;Keča, N.;Karadžić, D.;Nowakowska, J. A.;Borys, M.;Sikora, K.;Oszako, T. (2012): Incidence of *Phytophthora* species in beech stands in Serbia. *Folia Forestalia Polonica* **54**(4): 223-232,.
- Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium (2001): 7/2001 (I. 17.) FVM rendelet a növényegészségügyi feladatok végrehajtásának részletes szabályairól. Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium.
- Miranda-Fontaina, M. E.;Fernández-López, J.;Vettraino, A. M.;Vannini, A. (2007): Resistance of *Castanea* Clones to *Phytophthora Cinnamomi*: Testing and Genetic Control. *Silvae Genetica* **56**(1): 11-21.
- Mircetich, S.M.;Matheron, M. E. (1976): *Phytophthora* root and crown rot of cherry trees. *Phytopathology* **66**: 549-558.
- Mircetich, S.M.;Matheron, M. E. (1980): *Phytophthora* root and crown rot of walnut trees. *Walnut Research Reports* **21**.
- Mircetich, S.M.;Matheron, M. E. (1983): *Phytophthora* root and crown rot of walnut trees. *Phytopathology* **73**: 1481-1488.
- Molnár, S.;Bariska, M. (2006): Wood species of Hungary. Budapest, Szaktudás Kiadó Ház.
- Munda, A.;Zerjav, M.;Schroers, H-J. (2007): First report of *Phytophthora citricola* occurring on *Fagus sylvatica* in Slovenia. *Plant Disease* **91**: 907.
- Nagy, Z.;Szabó, I.;Bakonyi, J.;Varga, F.;Érsek, T. (2000): A mézgas éger fitoftórási betegsége Magyarországon. *Növényvédelem* **36**(11): 573-579.
- Nechwatal, J.;Bakonyi, J.;Cacciola, S. O.;Cooke, D. E. L.;Jung, T.;Nagy, Z. Á.;Vannini, A.;Vettraino, A. M.;Brasier, C. M. (2013): The morphology, behaviour and molecular phylogeny of *Phytophthora taxon Salixsoil* and its redesignation as *Phytophthora lacustris* sp. nov. *Plant Pathology* **62**(2): 355-369.
- Nechwatal, J.;Oßwald, W. (2001): Comparative studies on the fine root status of healthy and declining spruce and beech trees in the Bavarian Alps and occurrence of *Phytophthora* and *Pythium* species. *Forest Pathology* **31**: 257-273.
- O'Brien, P. A.;Williams, N.;Hardy, G. E. StJ (2009): Detecting *Phytophthora*. *Critical Reviews in Microbiology* **35**(3): 169-181.
- European and Mediterranean Plant Protection Organization (2013): EPPO A1 and A2 lists of Pests Recommended for Regulation as Quarantine Pests.

- Orlikowski, L. B.;Oszako, T.;Szkuta, G. (2006): First record on *Phytophthora spp.* associated with the decline of European beech stand in south-west Poland. *Phytopathologia Polonica* **42**: 37-46.
- Osswald, W.;Fleischmann, F.;Rigling, D.;Coelho, A. C.;Cravador, A.;Diez, J.;Dalio, R.;Horta Jung, M.;Pflanz, H.;Robin, C.;Sipos, Gy.;Solla, A.;Cech, T.;Chambery, A.;Diamandis, S.;Hansen, E.;Jung, T.;Orlikowski, L.;Parke, J.;Prospero, S.;Werres, S. (2014): Strategies of attack and defence in woody plant - *Phytophthora* interactions. *Forest Pathology* **44**(3):169-190.
- Parker, I. M.;Gilbert, G. S. (2004): The Evolutionary Ecology of Novel Plant-Pathogen Interactions. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* **35**: 675-700.
- Pettitt, T. R.;Wakeham, A. J.;Wainwright, M. F.;White, J. G. (2002): Comparison of serological, culture, and bait methods for detection of *Pythium* and *Phytophthora* zoospores in water. *Plant Pathology* **51**: 720-727.
- Pilbeam, R. A.;Colquhoun, L. J.;Shearer, B. L.;Hardy, G. E. St. J. (2000): Phosphate concentration: its effect on phytotoxicity symptoms and colonization by *Phytophthora cinnamomi* in three understorey species of *Eucalyptus marginata* forest. *Australasian Plant Pathology* **29**: 86-95.
- Prospero, S.;Vannini, A.;Vettraino, A. M. (2013): *Phytophthora* on *Castanea sativa* Mill. (sweet chestnut). JKI Data Sheets - Plant Diseases and Diagnosis. Federal Research Center for Cultivated Plants Julius Kühn Institut. Quedlinburg. **81**.
- Ramage, B. S.;O'Hara, K. L. (2010): Sudden oak Death: Induced Tanoak Mortality in Coast Redwood Forests: Current and Predicted Impacts to Stand Structure. *Forests* **1**: 114-130.
- Reeser, P. W.;Sutton, W.;Hansen, E M.;Remigi, P.;Adams, G. C. (2011): *Phytophthora* species in forest streams in Oregon and Alaska. *Mycologia* **103**(1): 22-35.
- Robin, C.;Desprez-Loustau, M.;Capron, G.;Delatour, C. (1998): First record of *Phytophthora cinnamomi* on cork and holm oaks in France and evidence of pathogenicity. *Annals of Forest Science* **55**: 869-883.
- Safaiefarahani, B.;Mostowfizadeh-Ghalamfarsa, R.;Cooke, D. E. L. (2013): Characterisation of *Phytophthora inundata* according to host range, morphological variation and multigene molecular phylogeny. *Phytopathologia Mediterranea* **52**(1): 46-65.
- Santini, A.;Biancalani, F.;Barzanti, G. P.;Capretti, P. (2006): Pathogenicity of four *Phytophthora* Species on Wild Cherry and Italian Alder Seedlings. *Journal of Phytopathology* **154**(3): 163-167.
- Santini, A.;Ghelardini, L.;De Pace, C.;Desprez-Loustau, M.;Capretti, P.;Chandelier, A.;Cech, Th. L.;Chira, D.;Diamandis, S.;Gaitniekis, T.;Hantula, J.;Holdenrieder, O.;Jankovsky, L.;Jung, T.;Jurc, D.;Kirisits, T.;Kunca, A.;Lygis, V.;Malecka, M.;Marcais, B.;Schmitz, S.;Schumacher, J.;Solheim, H.;Solla, A.;Szabó, I.;Tsopelas, P.;Vannini, A.;Vettraino, A. M.;Webber, J.;Woodward, S.;Stenlid, J. (2012): Biogeographical patterns and determinants of invasion by forest pathogens in Europe. *New Phytologist* **197**(1):238-250.
- Schmitz, S.;Zini, J.;Chandelier, A. (2007): Involvement of *Phytophthora* species in the Decline of Beech (*Fagus sylvatica*) in the Southern Part of Belgium. 4th International IUFRO Working Party 7.02.09 Meeting on *Phytophthora* in Forests and Natural Ecosystems, Monterrey, California, USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station.
- Schoebel, C. N.;Brodbeck, S.;Buehler, D.;Cornejo, C.;Gajurel, J.;Hartikainen, H.;Keller, D.;Leys, M.;Ricanová, S.;Segelbacher, G.;Werth, S.;Csencsis, D. (2013): Lessons learned from microsatellite development for nonmodel organisms using 454 pyrosequencing. *Journal of Evolutionary Biology* DOI: 10.1111/jeb.12077.

- Schumacher, J.;Leonhard, S.;Grundmann, B. M.;Roloff, A. (2006): New alder disease in Spreewald biosphere reserve - causes and incidental factors of an epidemic. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* **58**(6): 141-147.
- Shearer, B. L.;Crane, C. E.;Fairman, R. G. (2004): Phosphite reduces disease extension of a *Phytophthora cinnamomi* front in *Banksia* woodland, even after fire. *Australasian Plant Pathology* **33**: 249-254.
- Smillie, R.;Grant, B. R.;Guest, O. (1989): The mode of action of phosphite: Evidence for both direct and indirect modes of action on the *Phytophthora spp.* in plants. *Phytopathology* **79**: 921-926.
- Strnadová, V.;Cerny, K.;Holub, V.;Gregorová, B. (2010): The effects of flooding and *Phytophthora alni* infection on black alder. *Journal of Forest Science* **56**(1): 41-46.
- Stukely, M. J. C. (2012). New Phytophthoras in Western Australia's natural ecosystems. *Microbiology Australia*: 31-34.
- Sutton, W.;Hansen, E M.;Reeser, P. W.;Kanaskie, A. (2007): Comparing *Phytophthora ramorum* Diagnostic Protocols for the National Sudden Oak Death Stream Monitoring Program. Sudden Oak Death Third Science Symposium.
- Szabó, I.;Lakatos, F. (2008): Pusztuló erdőállományokból izolált *Phytophthora* fajok Magyarországon. *Növényvédelem* **44**(12): 607-612.
- Szabó, I.;Lakatos, F.;Sipos, Gy. (2013). Occurrence of soilborne *Phytophthora* species in declining broadleaved forests in Hungary. *European Journal of Plant Pathology* **137**: 159-168.
- Szabó, I.;Nagy, Z.;Bakonyi, J.;Érsek, T. (2000): First Report of *Phytophthora* Root and Collar Rot of Alder in Hungary. *Plant Disease*, 1251.
- Themann, K.;Werres, S. (1998): Use of *Rhododendron* leaves to detect *Phytophthora* species in root and soil samples. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* **50**(2): 37-45.
- Thomidis, T.;Karayiannis, I.;Tsipouridis, C. (2008): Susceptibility of Thirty Cherry Genotypes on *Phytophthora cactorum*, *P. citrophthora*, *P. citricola* and *P. parasitica*. *Journal of Phytopathology* **156**(7-8): 446-451.
- Thomidis, T.;Sotiropoulos, T. (2003): Pathogenicity of 11 *Phytophthora* species on CAB-6P cherry rootstock. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* **31**(4): 355-360.
- Thompson, J. D.;Gibson, T. J.;Plewniak, F.;Jeanmougin, F.;Higgins, D. G. (1997): The ClustalX windows interface: flexible strategies for multiple sequence alignment aided by quality analysis tools. *Nucleic Acids Research* **24**: 4876-4882.
- Tjosvold, S. A.;Chambers, D. L.;Fichtner, E. J.;Koike, S. T.;Mori, S. R. (2009): Disease risk of potting media infested with *Phytophthora ramorum* under nursery conditions. *Plant Disease* **93**: 371-376.
- Tjosvold, S. A.;Chambers, D. L.;Koike, S. T.;Mori, S. R. (2008): Disease on Nursery Stock as Affected by Environmental Factors and Seasonal Inoculum Levels of *Phytophthora ramorum* in Stream Water Used for Irrigation. *Plant Disease* **92**(11): 1566-1573.
- Török, J. K. (2012): Bevezetés a protisztológiába. Budapest, ELTE TTK.
- The Council of the European Union (2000): Council Directive 2000/29/EC on protective measures against the introduction into the Community of organisms harmful to plants or plant products and against their spread within the Community. The Council of the European Union. Brussels.
- Vannini, A.;Valentini, R.;Luisi, N. (1996): Impact of drought and *Hypoxylon mediterraneum* on oak decline in the Mediterranean region. *Annals of Forest Science* **53**: 753-760.

- Vaughan, S. P.;Cottrell, J. E.;Moodley, D. J.;Connoly, T.;Russell, K. (2007): Distribution and fine-scale spatial genetic structure in British wild cherry (*Prunus avium* L.). *Heredity* **98**: 274-283.
- Vettraino, A. M. ;Morel, O.;Perlerou, C.;Robin, C.;Diamandis, S.;Vannini, A. (2005): Occurrence and distribution of *Phytophthora* species in European chestnut stands and their association with Ink Disease and crown decline. *European Journal of Plant Pathology* **111**: 169-180.
- Vettraino, A. M.;Belisario, A.;Maccaroni, M.;Vannini, A. (2003): Evaluation of root damage to English walnut caused by five *Phytophthora* species. *Plant Pathology* **52**: 491-495.
- Vettraino, A. M.;Flamini, L.;Pizzichini, L.;Prodi, A.;Nipoti, P.;Vannini, A.;Lagnese, R. (2008): First Report of Root and Collar Rot by *Phytophthora cryptogea* on Sweet Cherry in Italy. *Plant Disease* **92**(1): 177-177.
- Vettraino, A. M.;Natili, G.;Anselmi, N.;Vannini, A. (2001): Recovery and pathogenicity of *Phytophthora* species associated with a resurgence of ink disease in *Castanea sativa* in Italy. *Plant Pathology* **50**: 90-96.
- Weiland, J. E.;Nelson, A. H.;Hudler, G. W. (2010): Aggressiveness of *Phytophthora cactorum*, *P. citricola* I. and *P. plurivora* from European Beech. *Plant Disease* **94**: 1009-1014.
- Werres, S.;Hahn, R.;Themann, K. (1998): Erlensterben. *AFZ/DerWald*(10): 548-549.
- Werres, S.;Marwitz, R.;Man in't Veld, Willem A.;De Cock, A. W. A. M.;Bonants, P. J. M.;De Weerd, M.;Themann, K.;Ilieva, E.;Baayen, R. P. (2001). *Phytophthora ramorum* sp. nov., a new pathogen on *Rhododendron* and *Viburnum*. *Mycological Research* **105**(10): 1155-1165.
- Wicks, T. J.;Hall, B. (1988): Preliminary evaluation of phosphorus acid, fosetyl-A1 and metalaxyl for controlling *Phytophthora cambivora* on almond and cherry. *Crop Protection* **7**: 314-318.
- Wilcox, W. F.;Mircetich, S. M. (1984): Pathogenicity and Relative Virulence of Seven *Phytophthora* spp. on Mahaleb and Mazzard Cherry. *Phytopathology* **75**: 221-226.
- Wilcox, W. F.;Mircetich, S. M. (1985): Effects of flooding duration on the development of *Phytophthora* root and crown rots of cherry. *Phytopathology* **75**: 1451-1455.
- Wilkinson, C. J.;Holmes, J. M.;Dell, B.;Tynan, K. M.;McComb, J. A.;Shearer, B. L.;Colquhoun, I. J.;Hardy, G. E. St. J. (2001): Effect of phosphite on in planta zoospore production of *Phytophthora cinnamomi*. *Plant Pathology* **50**: 587-593.
- Yang, X.;Copes, W. E.;Hong, C. (2013): *Phytophthora mississippiiae* sp. nov., a New Species Recovered from Irrigation Reservoirs at a Plant Nursery in Mississippi. *Journal of Plant Pathology and Microbiology* **4**: 180.

Internetes források:

- web1: Rossman, A. Y., Palm, M. E. Why are *Phytophthora* and other Oomycota not true Fungi?
APSnetFeatures;<http://www.apsnet.org/publications/apsnetfeatures/Pages/Phytophthora.aspx> (2013. december).
- web2: www.discoverlife.org. (2013 december).
- web3: USDA Forest Service (2007). Water Sampling Protocol. http://www.aphis.usda.gov/plant_health/plant_pest_info/pram/ (2014 augusztus).
- web4: <http://www.forestphytophthoras.org/> (2015 január).
- web5: <http://www.phytophthoradb.org/> (2015 január).
- web6:<http://www.q-bank.eu/Fungi/Biolomics.aspx?Table=Phytophthora%20species%20ONLINE&genlist=t&fields=E1610&fields=E1611> (2015 február).
- web7: http://www.boldsystems.org/index.php/Public_SearchTerms). (2015 január).

- web8: <http://blast.be-md.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi> (2015 február).
web9: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank> (2015 február).
web10: <http://www.appliedbiosystems.com> (2014 augusztus).
web11: http://www.met.hu/idojaras/aktualis_idojaras/napijelentes/ (2015 január).
web12: www3.syngenta.com/country/hu/hu/cp/Termekeink/gombaoleszerek/Pages/Bravo_500.aspx (2014 augusztus).
web13: <http://www.agraroldal.hu/curzate-r-200g.html> (2014 augusztus).
web14: https://www.eppo.int/QUARANTINE/documentes_pests.htm (2014 augusztus).
web15: erdoterkep.nebih.gov.hu (2015.02.27.)
web16: http://www.eppo.int/QUARANTINE/Alert_List/fungi/PHYTRA.htm (2015.03.16.)
web17: <http://www.dpaw.wa.gov.au/management/pests-diseases/phytophthora-dieback> (2015.03.17)

10.Ábrajegyzék

4.1. ábra: A Dél-Hanságban kijelölt mintaterületek. Forrás: Erdőtérkép (web15).	49
4.2. ábra: A Soproni-hegyvidéken kijelölt mintavételi pontok. Forrás: Erdőtérkép (web15).	53
4.3. ábra: A Sárvár környékén vizsgált erdőrészetek. Forrás: Erdőtérkép (web15).	56
4.4. ábra: A tünetek értékelésére használt skálák szemléltetése. A1-A5: gyökfő tünetek, B1-B5: koronatünetek.	58
4.5. ábra: A vízi csapdázáshoz készített levélcsapda	59
4.6. ábra: Az izolálás módja: A. levélcsapdázás; B. Phytophthora-fertőzésre utaló vizenyős léziók a levélcsapda fonákán; C. Phytophthora telepek szelektív agar táptalajon.	62
4.7. ábra: A gyökérzet egészségi állapotának értékelésére szolgáló skála szemléltetése különböző egészségi állapotú mézgás éger csemeték gyökérzetével.	67
5.1. ábra: Egészségi állapot változás a mézgás éger mintaterületen. A.: Egészségi állapot a koronatünetek alapján. B.: Egészségi állapot a gyökfőtünetek alapján.	78
5.2. ábra: Az egyes mintavételek során gyűjtött Phytophthora fajok.	79
5.3. ábra: Diverzitás-profilok a mézgás éger mintaterületre	81
5.4. ábra: Klaszteranalízis a mézgás éger mintaterületen történt mintavételek összehasonlítására ...	81
5.5. ábra: A feketedió mintaterület fájának egészségi állapot változása (2011 június-2012 szeptember)	82
5.6. ábra: A feketedió mintaterületről azonosított Phytophthora fajok	83
5.7: Diverzitás profilok a feketedió mintaterületre	84
5.8. ábra: Klaszteranalízis a feketedió mintaterületen történt mintavételek összehasonlítására	85
5.9. ábra: Phytophthora fajok a Soproni-hegyvidéken	87
5.10. ábra: Fajtelitődési görbe a csapdázás eredményeiből.	88
5.11. ábra: Az izolálás sikeressége a Soproni-hegyvidéken a csapdázás két éve alatt	88
5.12. ábra: Az azonosított fajok mintavételenkénti megoszlása	89
5.13. ábra: Rényi-féle diverzitásrendezés a Soproni-hegyvidékre.	92
5.14. ábra. Klaszteranalízis a Soproni-hegységben történt mintavételek összehasonlítására	92
5.15. ábra. A módosított Ellenberg-index értékeinek alakulása a Dél-Hanságban (2000-2012).	94
5.16. ábra: A talajvízállás alakulása a Dél-Hanságban. Kék: Csorna-Acsalag, Piros: Kapuvár-Földsziget (1960-2013). Forrás: Észak-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság.	95
5.17. ábra: A módosított Ellenberg-index értékeinek alakulása Sárvár térségében (2000-2012).	96
5.18. ábra: A talajvízszint változásai Sárvár térségében (2006-2011).	96
5.19. ábra: Havi csapadékmennyiség Sárvár térségében (2000-2012)	97
5.20. ábra: A 2012. évben, a Soproni-hegységben kivitelezett mintavételek során gyűjtött izolátumok F1 és F2 főkomponensek rendszerében.	99
5.21. ábra: Az ITS szakasz alapján készített törzsfák: A.: Maximum Likelihood törzsfá, B.: Maximum Parsimony törzsfá.	110
5.22. ábra: Az ITS szakasz alapján készített BI fá	111
5.23. ábra: MP-fá a TEF1A szakasz alapján	114
5.24. ábra: ML fá a TEF1A szakasz alapján.	115
5.25. ábra: BI fá a TEF1A szakasz alapján.	116
5.26. ábra: A feketedió csemeték mesterséges fertőzése során kialakult léziók területe. A.: Az első kísérlet eredményei. B.: A második kísérlet eredményei. C.: Szezonális eltérések a P. cactorum által okozott léziók területében. D.: Szezonális eltérések a P. plurivora által okozott nekrozisok területében.	121

5.27. ábra: A csemetefertőzési kísérlet eredményei. A.: A talajon keresztül fertőzött csemeték gyökérzetének egészségi állapota. B.: A sebinokulációval fertőzött csemetéken kialakult nekrotikus területe. C.: A sebinokulációval fertőzött csemeték egészségi állapota, a hajtás tünetei alapján. D.: A sebinokulációval fertőzött csemeték egészségi állapota, a gyökérzet tünetei alapján.	122
5.28. ábra: A madárcseresznye csemeték néhány értékelt vagy mért tulajdonsága, kezelési csoportonként. A.: a csemeték egészségi állapota. B.: A kialakult léziók területe. C.: A csemeték gyökérzetének szélessége. D.: A csemeték gyökérzetének hossza. Kezelési csoportok: PpoH: <i>P. polonica</i> -val fertőzött, helyi talajba ültetett csemete, PpoK: <i>P. polonica</i> -val fertőzött, kontrol talajba ültetett csemete, PplH: <i>P. plurivora</i> -val fertőzött, helyi talajba ültetett csemete, PplK: <i>P. plurivora</i> -val fertőzött, kontrol talajba ültetett csemete; H: nem fertőzött, helyi talajba ültetett csemete, K: nem fertőzött, kontrol talajba ültetett csemete.	125
5.29. ábra: A talajon keresztül fertőzött csemeték gyökérzetének szélessége (A) és egészségi állapota (B), fertőzési csoportonként.....	128
5.30. ábra: A sebinokulációval fertőzött kocsánytalan tölgy csemetéken kialakult nekrotikus területe, fertőzési csoportonként	129
5.31. ábra: A mért vagy értékelt tulajdonságok kezelési csoportonkénti átlagértékei. Kezelési csoportok: K: kontrol, MK: mikorrhizált kontrol, MT: mikorrhizált, talajfertőzött, MD: mikorrhizált, tösebbe és talajon keresztül fertőzött, CUT: talajfertőzött és réz-oxikloriddal permetezett, CUD: tösebbe és talajon keresztül fertőzött, réz-oxikloriddal permetezett; PD: tösebbe és talajon keresztül fertőzött, foszfittal kezelt; PT: talajfertőzött, foszfittal kezelt.	132
6.1. ábra: A Dél-Hanság meteorológiai adatai alapján szerkesztett Walter Lieth diagramok (A: 2011. év; B: 2012. év). Kovács és mtsai (2013) alapján.	140

11. Táblázatjegyzék

4.1. táblázat: A Dél-Hanságban vizsgált erdőrészek jellemzői	50
4.2. táblázat: A Soproni-hegyvidék jellemző éghajlati paraméterei. Forrás: Halász 2006.	51
4.3. táblázat: A sárvári mintavételi helyek termőhelyi és egyéb jellemzői	57
4.4. táblázat: Az egyes mintavételi területeken elvégzett vizsgálatok összefoglalása	61
4.5. táblázat: A kivitelezett patogenitásvizsgálatok	66
4.6. táblázat: A szelídgesztenye tintabetegsége elleni védekezési kísérlet elrendezése.....	71
5.1. táblázat: Diverzitás indexek az egyes mintavételek, a mézgás éger mintaterületen	80
5.2. táblázat: Az eltérő mintavételi időpontokra jellemző Simpson és Shannon indexek összehasonlítása. (Piros: szignifikáns eltérés a mintavételek között.)	80
5.3. táblázat: A feketedió mintaterületen eltérő időpontokban tapasztalt Phytophthora közösségekre számított diverzitás indexek.....	84
5.4. táblázat: A sárvári feketedió állomány állapota 2011 júniusában és az állományból izolált Phytophthora fajok	86
5.5. táblázat: A Sárvár 19G erdőrésztben található madárcseresznye fák állapota 2012 márciusában és az állományból azonosított Phytophthora fajok	87
5.6. táblázat: A Soproni-hegységben eltérő mintavételi időpontokban talált Phytophthora közösségekre számított diverzitás indexek.....	90
5.7: Az egyes mintavételek tapasztalt közösségek Shannon-indexeinek páronkénti összehasonlítása	90
5.8. táblázat: Az egyes mintavételek talált Phytophthora közösségek Simpson indexeinek páronkénti összehasonlítása	91
5.9. táblázat: A főkomponens analízis során előállított 1. és 2. főkomponens	93
5.10: Talajparaméterek a Sárvár 19G erdőrészt térségében.....	97
5.11. táblázat: A főkomponens analízis során előállított 1. és 2. főkomponens	98
5.12. táblázat: Phytophthora fajok genetikai távolsága és a hozzá tartozó (SE) értékek az ITS 1-5.8S-ITS2 szakasz vizsgálata alapján	104
5.13. táblázat: Fajon belüli genetikai távolságok az ITS szakasz alapján-P. cactorum	105
5.14. táblázat: Fajon belüli genetikai távolságok az ITS szakasz alapján-P. plurivora	105
5.15. táblázat: Fajon belüli geentikai távolságok az ITS szakasz alapján-P. gonapodyides	105
5.16. táblázat: Fajon belüli genetiaki távolságok az ITS szakasz alapján-P. lacustris	106
5.17. táblázat: Fajon belüli genetikai távolságok az ITS szakasz alapján-P. polonica	107
5.18. táblázat: Fajon belüli genetikai távolság az ITS szakasz alapján-P. hydropathica.....	109
5.19. táblázat: Fajok közötti és fajokon belüli genetikai távolságok a TEF1A szakasz alapján	112
5.20. táblázat: Fajon belüli genetikai távolság a TEF1A szakasz alapján-Phytophthora sp. hungarica	112
5.21. táblázat: P. plurivora allélek-variábilis szájtók és előfordulási helyek	117
5.22. táblázat: P. gonapodyides allélek	118
5.23. táblázat: P. lacustris allélek-gyakoriság, előfordulási helyek.....	118
5.24. táblázat: P. polonica allélek-gyakoriság, előfordulási helyek.....	119
5.25. táblázat: A madárcseresznye csemeték ültetéséhez felhasznált talajok jellemzői.....	124
5.26. táblázat: Eltérések az egyes csoportokba tartozó csemeték gyökérzetének mikorrhizáltsága között. (A pirossal jelölt értékek szignifikánsak alfa=0,05 szinten a Mann-Whitney U tesztek eredményei alapján.). Jelölések:MK: mikorrhizált kontrol, MCu: mikorrhizált és réz-oxikloriddal kezelt, MP: mikorrhizált és foszfittal kezelt, K: kontrol.	130

- 5.27. táblázat: *Eltérések a kezelési csoportok között, a gyökfő kerülete adatsor alapján. (A pirossal jelölt eltérések szignifikánsak $\alpha = 0,05$ szinten a Mann-Whitney U tesztek eredményei alapján.) Jelölések: MK: mikorrhizált kontrol, MCu: mikorrhizált és réz-oxikloriddal kezelt, MP: mikorrhizált és foszfittal kezelt, K: kontrol131*
- 5.28. táblázat: *Eltérések a kezelési csoportok között, a gyökérzet hossza adatsor alapján. (A pirossal jelölt eltérések szignifikánsak $\alpha = 0,05$ szinten, a Mann-Whitney U tesztek eredményei alapján.) Jelölések: MK: mikorrhizált kontrol, MCu: mikorrhizált és réz-oxikloriddal kezelt, MP: mikorrhizált és foszfittal kezelt, K: kontrol131*
- 5.29. táblázat: *Az egyes kezelési csoportok közti különbségek a csemeték hajtásainak egészségi állapota alapján. (A pirossal jelölt eltérések szignifikánsak $\alpha = 0,05$ szinten, a Mann-Whitney U teszt alapján.) Jelölések: K: kontrol, D: talajba és tősebbe fertőzött, T: csak talajba fertőzött, CuD: talajba és tősebbe fertőzött, réz-oxikloriddal kezelt, CuT: csak talajon keresztül fertőzött, réz-oxikloriddal kezelt, PD: talajba és tősebbe fertőzött, foszfittal kezelt, PT: talajon keresztül fertőzött, foszfittal kezelt, MT: mikorrhizált, talajon keresztül fertőzött MD: mikorrhizált, talajon keresztül és tősebbe fertőzött csemete.133*
- 5.30. táblázat: *Az egyes kezelési csoportok közötti különbségek a csemeték gyökérzetének egészségi állapota alapján. (A pirossal jelölt eltérések szignifikánsak $\alpha = 0,05$ szinten a Mann-Whitney U teszt eredményei alapján.) Jelölések: K: kontrol, D: talajba és tősebbe fertőzött, T: csak talajba fertőzött, CuD: talajba és tősebbe fertőzött, réz-oxikloriddal kezelt, CuT: csak talajon keresztül fertőzött, réz-oxikloriddal kezelt, PD: talajba és tősebbe fertőzött, foszfittal kezelt, PT: talajon keresztül fertőzött, foszfittal kezelt, MT: mikorrhizált, talajon keresztül fertőzött MD: mikorrhizált, talajon keresztül és tősebbe fertőzött csemete.134*
- 5.31. táblázat: *Az egyes kezelési csoportok közötti különbségek a csemeték gyökérzetének hossza alapján. (A pirossal jelölt eltérések szignifikánsak $\alpha = 0,05$ szinten a t-tesztek eredményei alapján.) Jelölések: K: kontrol, D: talajba és tősebbe fertőzött, T: csak talajba fertőzött, CuD: talajba és tősebbe fertőzött, réz-oxikloriddal kezelt, CuT: csak talajon keresztül fertőzött, réz-oxikloriddal kezelt, PD: talajba és tősebbe fertőzött, foszfittal kezelt, PT: talajon keresztül fertőzött, foszfittal kezelt, MT: mikorrhizált, talajon keresztül fertőzött, MD: mikorrhizált, talajon keresztül és tősebbe fertőzött csemete.135*
- 5.32. táblázat: *Az egyes kezelési csoportok közötti különbségek a csemeték gyökérzetének szélessége alapján. (A pirossal jelölt eltérések szignifikánsak $\alpha = 0,05$ szinten a t-tesztek eredményei alapján.) Jelölések: K: kontrol, D: talajba és tősebbe fertőzött, T: csak talajba fertőzött, CuD: talajba és tősebbe fertőzött, réz-oxikloriddal kezelt, CuT: csak talajon keresztül fertőzött, réz-oxikloriddal kezelt, PD: talajba és tősebbe fertőzött, foszfittal kezelt, PT: talajon keresztül fertőzött, foszfittal kezelt, MT: mikorrhizált, talajon keresztül fertőzött, MD: mikorrhizált, talajon keresztül és tősebbe fertőzött csemete.135*
- 5.33. táblázat: *Az egyes kezelési csoportok közötti különbségek a csemetéken kialakult nekrotizisok területe alapján. (A pirossal jelölt eltérések szignifikánsak $\alpha = 0,05$ szinten a Mann-Whitney U tesztek eredményei alapján.) Jelölések: K: kontrol, D: talajon keresztül és tősebbe fertőzött, CuD: talajon keresztül és tősebbe fertőzött, réz-oxikloriddal kezelt, PD: talajon keresztül és tősebbe fertőzött, foszfittal kezelt, MD: talajon keresztül és tősebbe fertőzött, mikorrhizált csemeték.137*

1. Melléklet: A *Phytophthora* és *Pythium* nemzetségek morfológiai bélyegeinek elkülönítése.
Kröber 1985 után

Bélyeg	<i>Phytophthora</i>	<i>Pythium</i>
Klamidospóra	Sok fajnál vagy izolátumnál számos	hiányzik, kivéve: <i>P. dimorphum</i> , <i>P. indyamai</i> , <i>P. tracheiphilum</i> , <i>P. undulatum</i>
Sporangiumtartó	általában vékony, hosszú, a normál hifáktól megkülönböztethető; nem elágazó vagy monopodiálisan illetve monokaziálisan elágazó; néhány fajnál proliferáció	általában normál hifák, nem elágazók, proliferáció nincs
Sporangium		
csatlakozása a tartóhoz	általában a tartó végén kapcsolódik	a tartó végén, vagy elágazások végén kapcsolódik; kapcsolódhat a tartó közben vagy laterálisan
alakja	tojás, fordított körte, ellipszoid, tükör, hosszúkás, szabálytalan, körte, citrom, néhány fajnál gömbölyded vagy gömbölyű	hifyszerű, enyhén megvastagodott; hosszúkás vagy szabálytalan, néha gömbölyded, ellipszoid, körte vagy fordított tojás alakú
papilla	hiányzik/gyengén fejlett/jól fejlett	általában hiányzik
közvetett csírázás	Általában a zoospórák közvetítőanyag nélkül lépnek ki a sporangiumból	a zoospórák egy csírahólyagból lépnek ki, melybe a csírázás előtt nem sokkal a sporangium protoplazmája folyt.
Oogónium		
csatlakozás a tartóhoz	általában a tartó végén	tartó végén/elágazás végén/tartó közben/laterálisan
fala	sima; néhány fajnál redős vagy érdes felszínű	sima/néhány nyúlvánnyal borított/nyúlványokkal sűrűn borított
mérete	átlagosan 25 µm-nél nagyobb	a legtöbb fajnál 25 µm-nél kisebb
Anterídium		
egy oogóniumra jutó száma	egy, egyedül álló	fajonként eltérő: hiányzó/részben hiányzó/egy vagy több
csatlakozás az oogóniumhoz	paragin vagy amfigin (nem hipogin)	paragin vagy hipogin (nem amfigin)

2. sz. melléklet: Fertőzési típusok a *Phytophthora* nemzetségben. Osswald és mtsai 2014 alapján.

Fertőzési típus	Kórokozó - gazdanövény
1a	<i>P. cinnamomi</i> - szelídgesztenye
1a	<i>P. cactorum</i> - bükk
1a	<i>P. cactorum</i> - alma
1a	<i>P. plurivora</i> - bükk
1a	<i>P. plurivora</i> - alma
1a	<i>P. plurivora</i> - kocsányos tölgy
1a	<i>P. plurivora</i> - kocsánytalan tölgy
1a	<i>P. cambivora</i> - királydió
1a	<i>P. cambivora</i> - kocsányos tölgy
1a	<i>P. cambivora</i> - kocsánytalan tölgy
1a	<i>P. quercina</i> - kocsányos tölgy
1a	<i>P. quercina</i> - kocsánytalan tölgy
1b	<i>P. alni</i> - mézgás éger
1b	<i>P. cinnamomi</i> - kocsányos tölgy
1b	<i>P. lateralis</i> - <i>Chamaecyparis lawsoniana</i>
1b	<i>P. cactorum</i> - alma
1b	<i>P. plurivora</i> - bükk
1b	<i>P. kernoviae</i> - bükk
1b	<i>P. kernoviae</i> - tölgy fajok
1b	<i>P. ramorum</i> - bükk
1b	<i>P. ramorum</i> - tölgy fajok
2	<i>P. alni</i> - mézgás éger
2	<i>P. cambivora</i> - bükk
2	<i>P. cactorum</i> - vadgesztenye
2	<i>P. plurivora</i> - vadgesztenye
2	<i>P. plurivora</i> - bükk
2	<i>P. ramorum</i> - <i>Q. agrifolia</i>
2	<i>P. ramorum</i> - <i>Lithocarpus densiflorus</i>
3	<i>P. pinifolia</i> - <i>Pinus radiata</i>
3	<i>P. ramorum</i> - <i>Lithocarpus densiflorus</i>
3	<i>P. ramorum</i> - <i>Rhododendron</i>
3	<i>P. ramorum</i> - <i>Larix sp.</i>
3	<i>P. lateralis</i> - <i>Chamaecyparis lawsoniana</i>

3. Melléklet: Az ITS 1-5.8S-ITS 2 szakasz filogenetikai elemzéséhez felhasznált szekvenciák

Faj	GenBank / Azonosító	Hivatkozás	Klád (Cooke és mtsai 2000)	Klád (Blair és mtsai 2008)
<i>Phytophthora plurivora</i>	FJ237523.2	Scott és mtsai (2009)	-	2
<i>Phytophthora citricola E</i>	AF266788.1	Cooke és mtsai (2000)	2	2
<i>Phytophthora citricola I</i>	FJ392322.1	Hong, nem publikált	-	2
<i>Phytophthora capensis</i>	GU191219.1	Bezuidenhout és mtsai (2010)	-	2
<i>Phytophthora multivora</i>	FJ237513.1	Scott és mtsai (2009)	-	2
<i>Phytophthora citricola sensu stricto</i>	FJ237526.1	Scott és mtsai (2009)	-	2
<i>Phytophthora citrophthora</i>	AF266785.1	Cooke és mtsai (2000)	-	2
<i>Phytophthora himalsilva</i>	HM752784.1	Vettraino és mtsai (2011)	-	2
<i>Phytophthora botryosa</i>	AF266784.1	Cooke és mtsai (2000)	2	2
<i>Phytophthora colocasiae</i>	AF266786.1	Cooke és mtsai (2000)	2	2
<i>Phytophthora siskiyouensis</i>	EF523387.1	Reeser és mtsai (2007)	-	2
<i>Phytophthora mexicana</i>	HQ261620.1	Robideau és mtsai (2011)	-	2
<i>Phytophthora capsici</i>	AF266787.1	Cooke és mtsai (2000)	2	2
<i>Phytophthora glovera</i>	AF279128.1	Cooke és mtsai (2000)	2	2
<i>Phytophthora multivesiculata</i>	AF266790.1	Cooke és mtsai (2000)	2	4
<i>Phytophthora arecae</i>	AF266781.1	Cooke és mtsai (2000)	4	4
<i>Phytophthora palmivora</i>	AF266780.1	Cooke és mtsai (2000)	4	4
<i>Phytophthora arenaria</i>	HQ013215.1	Rea és mtsai (2011)	-	4
<i>Phytophthora quercetorum</i>	DQ313223.1	Balci és mtsai (2007)	-	4
<i>Phytophthora megakarya</i>	AF266782.1	Cooke és mtsai (2000)	4	4
<i>Phytophthora cactorum</i>	AF266772.1	Cooke és mtsai (2000)	-	1
<i>Phytophthora idaei</i>	AF266773.1	Cooke és mtsai (2000)	-	1
<i>Phytophthora pseudotsugae</i>	AF266774.1	Cooke és mtsai (2000)	-	1
<i>Phytophthora nicotianae</i>	AF266776.1	Cooke és mtsai (2000)	-	1
<i>Phytophthora iranica</i>	AJ131987.1	Cooke et al., nem publikált	-	1
<i>Phytophthora tentaculata</i>	AF266775.1	Cooke és mtsai (2000)	-	1
<i>Phytophthora phaseoli</i>	AF266778.1	Cooke és mtsai (2000)	-	1
<i>Phytophthora mirabilis</i>	AF266777.1	Cooke és mtsai (2000)	-	1
<i>Phytophthora ipomoeae</i>	KF661321.1	Flier és mtsai (2002)	-	1

Faj	GenBank / Azonosító	Hivatkozás	Klád (Cooke és mtsai 2000)	Klád (Blair és mtsai 2008)
<i>Phytophthora andina</i>	AY770740.1	Flier és mtsai, nem publikált	-	1
<i>Phytophthora infestans</i>	AF266779.1	Cooke és mtsai (2000)	-	1
<i>Phytophthora heveae</i>	AF266770.1	Cooke és mtsai (2000)	5	5
<i>Phytophthora katsurae</i>	AF266771.1	Cooke és mtsai (2000)	5	5
<i>Phytophthora psychrophila</i>	AF449494.1	Jung és mtsai (2002)	-	3
<i>Phytophthora nemorosa</i>	AY332653.1	Hansen és mtsai (2003)	-	3
<i>Phytophthora pseudosyringae</i>	AY230190.1	Jung és mtsai (2003)	-	3
<i>Phytophthora inundata</i>	EU000098.1	Lefort és mtsai, nem publikált	-	6
<i>Phytophthora humicola</i>	AF266792.1	Cooke és mtsai (2000)	6	6
<i>Phytophthora gemini</i>	FJ217679.1	Man In't Veld és mtsai (2011)	-	6
<i>Phytophthora lacustris</i>	AY762973.1	Nechwatal és mtsai (2012)	-	6
<i>Phytophthora sp. oaksoil</i>	KJ666738.1	Balci és mtsai (2007)	-	6
<i>Phytophthora taxon raspberry</i>	EU240068.1	Cordier és mtsai, nem publikált	-	6
<i>Phytophthora taxon raspberry</i>	KJ405952.1	Parke és mtsai, nem publikált	-	6
<i>Phytophthora gregata</i>	HQ012943.1	Jung és mtsai (2011a)	-	6
<i>Phytophthora sp. hungarica</i>			-	6
<i>Phytophthora megasperma</i>	AF266794.1	Cooke és mtsai (2000)	6	6
<i>Phytophthora pinifolia</i>	EU725808.1	Duran és mtsai (2008)	-	6
<i>Phytophthora fluvialis</i>	JF701436.1	Jung és mtsai (2011b)	-	6
<i>Phytophthora gonapodyides</i>	AF541888.1	Brasier és mtsai (2003)	6	6
<i>Phytophthora cryptogea</i>	AF266796.1	Cooke és mtsai (2000)	8	8
<i>Phytophthora erythroseptica</i>	AF266797.1	Cooke és mtsai (2000)	8	8
<i>Phytophthora drechslerii</i>	AF266798.1	Cooke és mtsai (2000)	8	8
<i>Phytophthora sansomeana</i>	EU925375.1	Hansen és mtsai (2009)	-	8
<i>Phytophthora medicaginis</i>	AF266799.1	Cooke és mtsai (2000)	8	8
<i>Phytophthora trifolii</i>	AF266800.1	Cooke és mtsai (2000)	8	8
<i>Phytophthora primulae</i>	AF266802.1	Cooke és mtsai (2000)	8	8
<i>Phytophthora syringae</i>	AF266803.1	Cooke és mtsai (2000)	8	8

Faj	GenBank / Azonosító	Hivatkozás	Klád (Cooke és mtsai 2000)	Klád (Blair és mtsai 2008)
<i>Phytophthora lateralis</i>	AF266804.1	Cooke és mtsai (2000)	8	8
<i>Phytophthora hibernalis</i>	EU686391.1	Ulrich és mtsai (2008)	-	8
<i>Phytophthora cajani</i>	AF266765.1	Cooke és mtsai (2000)	7	7
<i>Phytophthora vignae</i>	AF266766.1	Cooke és mtsai (2000)	7	7
<i>Phytophthora melonis</i>	AF266767.1	Cooke és mtsai (2000)	7	7
<i>Phytophthora sinensis</i>	AF266768.1	Cooke és mtsai (2000)	7	7
<i>Phytophthora pistaciae</i>	AF403506.1	Mirabolfathy és mtsai (2001)	-	7
<i>Phytophthora sojae</i>	AF266797.1	Cooke és mtsai (2000)	7	7
<i>Phytophthora cinnamomi</i>	AF266764.1	Cooke és mtsai (2000)	7	7
<i>Phytophthora europaea</i>	AF449492.1	Jung és mtsai (2002)	-	7
<i>Phytophthora uliginosa</i>	AF449495.1	Jung és mtsai (2002)	-	7
<i>Phytophthora fragariae</i>	AF266762.1	Cooke és mtsai (2000)	7	7
<i>Phytophthora rubi</i>	AF266761.1	Cooke és mtsai (2000)	7	7
<i>Phytophthora cambivora</i>	AF266763.1	Cooke és mtsai (2000)	7	7
<i>Phytophthora alni</i>	AF139368.1	Brasier és mtsai (1999)	-	7
<i>Phytophthora gallica</i>	DQ286726.1	Jung és Nechwatal (2008)	-	10
<i>Phytophthora kernoviae</i>	AY940661.1	Brasier és mtsai (2005)	-	10
<i>Phytophthora morindae</i>	GQ166766.1	Nelson és Abad (2010)	-	10
<i>Phytophthora hydropathica</i>	GQ280346.1	Hong és mtsai (2010)	-	9
<i>Phytophthora irrigata</i>	EU583798.1	Hong és mtsai (2010)	-	9
<i>Phytophthora chrysanthemi</i>	AB511826.1	Naher és mtsai (2011)	-	9
<i>Phytophthora quininea</i>	HQ261661.1	Robideau és mtsai (2011)	-	9
<i>Phytophthora macrochlamydospora</i>	GU993902.1	Ristaino és Hu, nem publikált	-	9
<i>Phytophthora fallax</i>	DQ297398.1	Dick és mtsai (2006)	-	9
<i>Phytophthora insolita</i>	AF271222.1	Cooke és mtsai (2000)	-	9
<i>Phytophthora polonica</i>	DQ500132.1	Belbahri és mtsai (2006)	-	9
<i>Pythium undulatum</i>	AF271230.1	Cooke és mtsai (2000)	külsopor t	külsopor t
<i>Pythium graminicola</i>	AF271229.1	Cooke és mtsai (2000)	külsopor t	külsopor t
<i>Pythium aphanidermatum</i>	AF271227.1	Cooke és mtsai (2000)	külsopor t	külsopor t
<i>Pythium dissotocum</i>	AF271228.1	Cooke és mtsai (2000)	külsopor t	külsopor t

Faj	GenBank / Azonosító	Hivatkozás	Klád (Cooke és mtsai 2000)	Klád (Blair és mtsai 2008)
<i>Albugo candida</i>	AF271231.1	Cooke és mtsai (2000)	külsoport	külsoport
<i>Phytophthora plurivora</i> A1	146-2	ez a dolgozat		2
<i>Phytophthora plurivora</i> A2	188-2	ez a dolgozat		2
<i>Phytophthora plurivorav</i> A3	187-1	ez a dolgozat		2
<i>Phytophthora plurivora</i> A4	144-1	ez a dolgozat		2
<i>Phytophthora cactorum</i> A1	179-2	ez a dolgozat	1	1
<i>Phytophthora cactorum</i> A2	302	ez a dolgozat	1	1
<i>Phytophthora pseudosyringae</i>	206/2	ez a dolgozat	-	3
<i>Phytophthora inundata</i>	156-1	ez a dolgozat	-	6
<i>Phytophthora inundata</i>	156-2	ez a dolgozat	-	6
<i>Phytophthora inundata</i>	291-2	ez a dolgozat	-	6
<i>Phytophthora lacustris</i> A10	195-2	ez a dolgozat	-	6
<i>Phytophthora lacustris</i> A11	196-2	ez a dolgozat	-	6
<i>Phytophthora lacustris</i> A6	242-1	ez a dolgozat	-	6
<i>Phytophthora lacustris</i> A8	274-1	ez a dolgozat	-	6
<i>Phytophthora lacustris</i> A9	205-1	ez a dolgozat	-	6
<i>Phytophthora lacustris</i> A1	181-1	ez a dolgozat	-	6
<i>Phytophthora lacustris</i> A7	224-2	ez a dolgozat	-	6
<i>Phytophthora lacustris</i> A5	241-2	ez a dolgozat	-	6
<i>Phytophthora lacustris</i> A3	189-2	ez a dolgozat	-	6
<i>Phytophthora lacustris</i> A4	268-2	ez a dolgozat	-	6
<i>Phytophthora sp. oaksoil</i>	198a	ez a dolgozat	-	6
<i>Phytophthora taxon raspberry</i>	152-1	ez a dolgozat	-	6
<i>Phytophthora taxon raspberry</i>	152-2	ez a dolgozat	-	6
<i>Phytophthora taxon raspberry</i>	152-3	ez a dolgozat	-	6

Faj	GenBank / Azonosító	Hivatkozás	Klád (Cooke és mtsai 2000)	Klád (Blair és mtsai 2008)
<i>raspberry</i>				
<i>Phytophthora sp. hungarica</i>	289-1	ez a dolgozat	-	6
<i>Phytophthora sp. hungarica</i>	291-1	ez a dolgozat	-	6
<i>Phytophthora sp. hungarica</i>	289-2	ez a dolgozat	-	6
<i>Phytophthora gonapodyides A7</i>	125-2	ez a dolgozat	6	6
<i>Phytophthora gonapodyides A5</i>	128-2	ez a dolgozat	6	6
<i>Phytophthora gonapodyides A4</i>	124-2	ez a dolgozat	6	6
<i>Phytophthora gonapodyides A1</i>	132-2a	ez a dolgozat	6	6
<i>Phytophthora gonapodyides A3</i>	130-1	ez a dolgozat	6	6
<i>Phytophthora gonapodyides A2</i>	282-1	ez a dolgozat	6	6
<i>Phytophthora alni</i>	161-1	ez a dolgozat	-	7
<i>Phytophthora gallica</i>	285-2	ez a dolgozat	-	10
<i>Phytophthora gallica</i>	200-2	ez a dolgozat	-	10
<i>Phytophthora hydropathica</i>	285-1	ez a dolgozat	-	9
<i>Phytophthora hydropathica</i>	200-1	ez a dolgozat	-	9
<i>Phytophthora polonica A1</i>	210-2	ez a dolgozat	-	9
<i>Phytophthora polonica A2</i>	208-1	ez a dolgozat	-	9
<i>Phytophthora polonica A4</i>	252-1	ez a dolgozat	-	9
<i>Phytophthora polonica A3</i>	207-2	ez a dolgozat	-	9

4. Melléklet: A TEF1A szakasz filogenetikai elemzésébe bevont szekvenciák

Faj	GenBank/ Azonosító	Hivatkozás	Klád (Blair et al. 2008)
<i>Phytophthora richardiae</i>	EU08069	Blair és mtsai 2008 [30]	8
<i>Phytophthora cryptogea</i>	EU080448	Blair és mtsai 2008	8
<i>Phytophthora erythroseptica</i>	EU08045	Blair és mtsai 2008	8
<i>Phytophthora trifolii</i>	EU079508	Blair és mtsai 2008	8
<i>Phytophthora ramorum</i>	EU08014	Blair és mtsai 2008	8
<i>Phytophthora lateralis</i>	EU08071	Blair és mtsai 2008	8
<i>Phytophthora cambivora</i>	EU080870	Blair és mtsai 2008	7
<i>Phytophthora fragariae</i>	EU08065	Blair és mtsai 2008	7
<i>Phytophthora cinnamomi</i>	EU079950	Blair és mtsai 2008	7
<i>Phytophthora melonis</i>	EU07971	Blair és mtsai 2008	7
<i>Phytophthora primulae</i>	EU080825	Blair és mtsai 2008	8
<i>Phytophthora kernoviae</i>	EU080055	Blair és mtsai 2008	10
<i>Phytophthora boehmeriae</i>	EU08016	Blair és mtsai 2008	10
<i>Phytophthora fallax</i>	EU08006	Blair és mtsai 2008	9
<i>Phytophthora captiosa</i>	EU079667	Blair és mtsai 2008	9
<i>Phytophthora gonapodyides</i>	EU08052	Blair és mtsai 2008	6
<i>Phytophthora inundata</i>	EU07994	Blair és mtsai 2008	6
<i>Phytophthora humicola</i>	EU080170	Blair és mtsai 2008	6
<i>Phytophthora megasperma</i>	EU080060	Blair és mtsai 2008	6
<i>Phytophthora macrochlamydospora</i>	EU080006	Blair és mtsai 2008	9
<i>Phytophthora quininea</i>	EU080109	Blair és mtsai 2008	9
<i>Phytophthora botryosa</i>	EU07996	Blair és mtsai 2008	2

Faj	GenBank/ Azonosító	Hivatkozás	Klád
<i>Phytophthora meadii</i>	EU079889	Blair és mtsai 2008	2
<i>Phytophthora inflata</i>	EU08086	Blair és mtsai 2008	2
<i>Phytophthora tropicalis</i>	EU080860	Blair és mtsai 2008	2
<i>Phytophthora capsici</i>	EU08085	Blair és mtsai 2008	2
<i>Phytophthora citricola</i>	EU08027	Blair és mtsai 2008	2
<i>Phytophthora clandestina</i>	EU079868	Blair és mtsai 2008	1
<i>Phytophthora tentaculata</i>	EU080155.1	Blair és mtsai 2008	1
<i>Phytophthora nicotianae</i>	EU080678	Blair és mtsai 2008	1
<i>Phytophthora infestans</i>	EU07964	Blair és mtsai 2008	1
<i>Phytophthora phaseoli</i>	EU08076	Blair és mtsai 2008	1
<i>Phytophthora pseudosyringae</i>	EU080024	Blair és mtsai 2008	3
<i>Phytophthora psychrophila</i>	EU080518	Blair és mtsai 2008	3
<i>Phytophthora ilicis</i>	EU08018	Blair és mtsai 2008	3
<i>Phytophthora nemorosa</i>	EU079	Blair és mtsai 2008	3
<i>Phytophthora katsurae</i>	EU080804	Blair és mtsai 2008	5
<i>Phytophthora heveae</i>	EU080698	Blair és mtsai 2008	5
<i>Phytophthora insolita</i>	EU080211	Blair és mtsai 2008	9
<i>Phytophthora polonica</i>	EU080265	Blair és mtsai 2008	9
<i>Pythium vexans</i>	EU080485	Blair és mtsai 2008	külcsoport
<i>Saprolegnia dissocotum</i>			külcsoport
<i>Phytophthora sp. hungarica</i>	277-2	ez a dolgozat	6
<i>Phytophthora sp. hungarica</i>	291-1	ez a dolgozat	6
<i>Phytophthora sp. hungarica</i>	293a	ez a dolgozat	6
<i>Phytophthora sp. hungarica</i>	292a	ez a dolgozat	6
<i>Phytophthora pseudosyringae</i>	206-2	ez a dolgozat	3
<i>Phytophthora polonica</i>	210-2	ez a dolgozat	9
<i>Phytophthora sp.</i>	142-1	ez a dolgozat	

<i>Phytophthora sp.</i>	139-2	ez a dolgozat	
-------------------------	-------	---------------	--

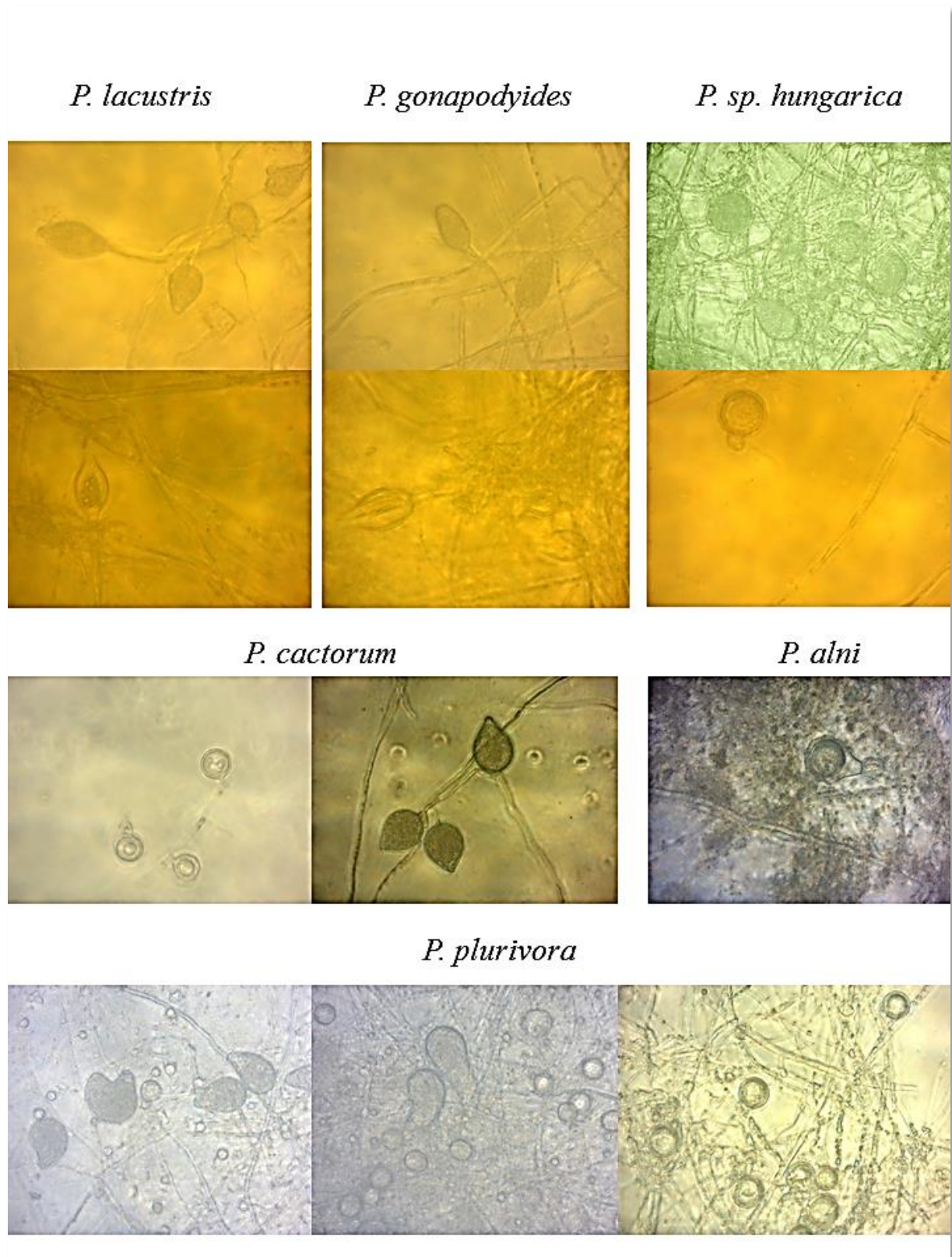
Hivatkozott irodalmak:

- Balci, Y.; Balci, S.; Eggers, J.; Park, S.-Y.; Kang, S.; MacDonald, W. (2007): New species of *Phytophthora* in eastern US oak forests. *Mycological Research*, 2007. (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/83701165>)
- Belbahri, L.; Moralejo, E.; Calmin, G.; Oszako, T.; García, J. A.; Descals, E.; Lefort, F. (2006): *Phytophthora polonica*, a new species isolated from declining *Alnus glutinosa* stands in Poland. *FEMS Microbiology Letters* **261**(2):165-174.
- Bezuidenhout, C.M.; Denman, S.; Kirk, S. A.; Botha, W. J.; McLeod, A. (2010): *Phytophthora* taxa associated with cultivated *Agathosma*, with emphasis on the *P. citricola* complex and *P. capensis sp. nov.* *Persoonia* **25**:32-49.
- Blair, J.E.; Coffey, M. D.; Park, S. Y.; Geiser, D. M.; Seogchan, K. (2008): A multi-locus phylogeny for *Phytophthora* utilizing markers derived from complete genome sequences. *Fungal Genetics and Biology* **45**:266-277.
- Brasier, C.M.; Cooke, D. E. L.; Duncan, J. M. (1999): Origin of a new *Phytophthora* pathogen through interspecific hybridization. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **96**:5878-5883.
- Brasier, C.M.; Cooke, D. E. L.; Duncan, J. M.; Hansen, E. M. (2003): Multiple new phenotypic taxa from trees and riparian ecosystems in *Phytophthora gonapodyides* - *P. megasperma* ITS Clade 6, which tend to be high-temperature tolerant and either inbreeding or sterile. *Mycological Research* **107**(3):277-290.
- Brasier, C.M.; Beales, P. A.; Kirk, S. A.; Denman, S.; Rose, J. (2005): *Phytophthora kernoviae sp. nov.*, an invasive pathogen causing bleeding stem lesions on forest trees and foliar necrosis of ornamentals in the UK. *Mycological Research* **109**(8):853-859.
- Cooke, D.E.L.; Drenth, A.; Duncan, J. M.; Wagels, G.; Brasier, C. M. (2000): A Molecular Phylogeny of *Phytophthora* and Related *Oomycetes*. *Fungal Genetics and Biology* **30**:17-32.
- Dick, M.A.; Dobbie, K.; Cooke, D. E. L.; Brasier, C. M. (2006): *Phytophthora captiosa sp. nov.* and *P. fallax sp. nov.* causing crown dieback of Eucalyptus in New Zealand. *Mycological Research* 2006. **110**(4):393-404.
- Duran, A.; Gryzenhout, M.; Slippers, B.; Ahumada, R.; Rotella, A.; Flores, F.; Wingfield, B. D.; Wingfield, M. J. (2008): *Phytophthora pinifolia sp. nov.* associated with a serious needle disease of *Pinus radiata* in Chile. *Plant Pathology* **57**:715-727.
- Flier, W.G.; Grünwald, N. J.; Kroon, L. P. N. M.; Van Den Bosch, T. B. M.; Garay-Serrano, E.; Lozoya-Saldana, H.; Bonants, P. J. M., Turkensteen, L. J. (2002): *Phytophthora ipomoeae sp. nov.*, a new homothallic species causing leaf blight on *Ipomoea longipedunculata* in the Toluca Valley of central Mexico. *Mycological Research* **106**(7):848-856.
- Hansen, E.M.; Reeser, P. W.; Davidson, J. M.; Garbelotto, M.; Ivors, K.; Douhan, L.; Rizzo, D. M. (2003): *Phytophthora nemorosa*, a new species causing cankers and leaf blight of forest trees in California and Oregon, USA. *Mycotaxon* **88**:129-138.
- Hansen, E.M.; Wilcox, W. F., Reeser, P. W., Sutton, W. (2009): *Phytophthora rosacearum* and *P. sansomeana*, new species segregated from the *Phytophthora megasperma* 'complex'. *Mycologia* **101**(1):129-135.
- Hong, C.X.; Gallegly, M. E.; Richardson, P. A.; Kong, P.; Moorman, G. W.; Lea-Cox, J. D.; Ross, D. S. (2010): *Phytophthora hydropathica* a new pathogen identified from

- irrigation water, *Rhododendron catawbiense* and *Kalmia latifolia*. *Plant Pathology* **59**: 913-921.
- Jung, T.; Hansen, E. M.; Winton, L.; Oßwald, W.; Delatour, C. (2002): Three new species of *Phytophthora* from European oak forests. *Mycological Research* **106**(4): 397-411.
- Jung, T.; Nechwatal, J.; Cooke, D. E. L.; Hatrmann, G.; Blaschke, M.; Oßwald, W. F.; Duncan, J. M.; Delatour, C. (2003): *Phytophthora pseudosyringae* sp. nov., a new species causing root and collar rot of deciduous tree species in Europe. *Mycological Research* **107**(7):772-789.
- Jung, T., Nechwatal, J. (2008): *Phytophthora gallica* sp. nov., a new species from rhizosphere soil of declining oak and reed stands in France and Germany. *Mycological Research* **112**:1195-1205.
- Jung, T.; Stukely, M. J. C.; Hardy, G. E. St. J.; White, D.; Paap, T.; Dunstan, W. A.; Burgess, T. I. (2011): Multiple new *Phytophthora* species from ITS Clade 6 associated with natural ecosystems in Australia: evolutionary and ecological implications. *Persoonia* **26**:13-39.
- Jung, T.; Burgess, T. I.; Hüberli, D.; Hardy, G. E. S. J.; Stukely, M. J. C. (2011): Fungal Planet 87: *Phytophthora fluvialis*. *Persoonia* **26**:146-147.
- Man in't Veld, W.A.; Rosengahl, K. C.; Browner, H.; de Cock, A. W. (2011): *Phytophthora gemini* sp. nov., a new species isolated from the halophilic plant *Zostera marina* in the Netherlands. *Fungal Biology* **115**(8):724-732.
- Mirabolfathy, M.; Cooke, D. E. L., Duncan, J. M., Williams, N. A., Esshard, D., Alizadeh, A. (2001): *Phytophthora pistaciae* sp. nov. and *P. melonis*: the principal causes of pistachio gummosis in Iran. *Mycological Research* **105**(10):1166-1175.
- Naher, M.; Motohash, K.; Watanabe, H.; Chikuo, Y.; Senda, M.; Suga, H.; Brasier, C.; Kageyama, K. (2011): *Phytophthora chrysanthemi* sp. nov., a new species causing root rot of chrysanthemum in Japan. *Mycological Progress* **10**:21-31.
- Nechwatal, J.; Bakonyi, J.; Cacciola, S. O.; Cooke, D. E. L.; Jung, T.; Nagy, Z. Á.; Vannini, A.; Vettraino, A. M.; Brasier, C. M. (2013): The morphology, behaviour and molecular phylogeny of *Phytophthora taxon Salixsoil* and its redesignation as *Phytophthora lacustris* sp. nov. *Plant Pathology* **62**(2): 355-369.
- Nelson, S.C. ; Abad, Z. G. (2010): *Phytophthora morindae*, a new species causing black flag disease on noni (*Morinda citrifolia* L.) in Hawaii. **102**(2):122-134.
- Rea, A.J.; Burgess, T. I.; Hardy, G. E. St. J.; Stukely, M. J. C.; Jung, T. (2011): Two novel and potentially endemic species of *Phytophthora* associated with episodic dieback of Kwongan vegetation in the south-west of Western Australia. *Plant Pathology* **60**(6):1055-1068.
- Reeser, P.W.; Sutton, W.; Hansen, E. M. (2011): *Pytophthora* species in forest streams in Oregon and Alaska. *Mycologia* **103**(1):22-35.
- Robideau, G.P.; De Cock, A. W. A. M.; Coffey, M. D.; Voglmayr, H.; Brouwer, H.; Bala, K.; Chitty, D. W.; Désaulniers, N.; Eggertson, Q. A.; Gachon, C. M. M.; Hu, C.; Küpper, F. C.; Rintoul, T. L.; Sarhan, E.; Verstappen, E. C. P.; Zhang, Y.; Bonants, P. J. M.; Ristaino, J. B.; Lévesque, A. (2011): DNA barcoding of oomycetes with cytochrome c oxidase subunit I and internal transcribed spacer. *Molecular Ecology Resources* **11**:1002-1011.
- Scott, P.M.; Burgess, T. I.; Barber, P. A.; Shearer, B. L.; Stukely, M. J. C.; Hardy, G. E. St. J.; Jung, T. (2009): *Phytophthora multivora* sp. nov., a new species recovered from declining Eucalyptus, Banksia, Agonis and other plant species in Western Australia. *Persoonia* **22**: p. 1-13.
- Ulrich, R.; Werres, S.; Cooke, D. E. L. (2008): *Phytophthora hibernalis* - a new pathogen of roses. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* **60**(5): 113-114.

Vettraino, A.M; Brasier, C. M.; Brown, A. V.; Vannini, A. (2011): *Phytophthora himalsilva* sp. nov., an unusually phenotypically variable species from a remote forest in Nepal. *Fungal Biology* **115**(3): 275-287.

5. Melléklet: Néhány *Phytophthora* faj jellemző képletei mikroszkópi képeken (Nagyítás: 400x)



6. Melléklet: Részletesen vizsgált Phytophthora fajok jellemzői

Azonosító	Faj	Telepjelleg	Sporangium alakja	Sporangium hossza			Sporangium szélessége			H:Sz arány	Pórus mérete			Sporangiumtartó jellemzői	Klamidospórák mérete			Klamidospórák alakja	Hifátágulatok alakja
				min.	átlag	max.	min.	átlag	max.		min.	átlag	max.		min	átlag	max		
152/2	<i>P. gregata</i>	Csillag szerű, kevés légmicéliummal, a telep széle éles.	Tojásdad, nem papillás, tartón maradó.	33,5 6	50,5 8	64,7 8	30,12	39,23	48,23	1,29	11,6 2	23,6 5	35,0 1	Nem elágazó; belső proliferáció.					
152/3	<i>P. gregata</i>	Csillag szerű, kevés légmicéliummal, a telep széle éles.	Tojásdad, nem papillás, tartón maradó.		35,0 1			24,74		1,41				Nem elágazó; belső proliferáció.					
156/2	<i>P. inundata</i>	Rozettás, nagyon bolyhos telep.	Elliptikus, nem papillás.		40,9 2			36,38		1,13									
137/1	<i>P. undulata</i>	Sima, bolyhos telep.																	
206/2	<i>P. pseudosyringae</i>	Rozettás, kevés légmicéliummal, éles telepszélel.	Elliptikus, tojásdad, vagy hosszúkás, nem papillás sporangiumok, a sporangiumtartón maradnak.	30,3 5	43,6 4	66,1 5	14,82	21,27	27,11	2,05									
285/1	<i>P. hydropathica</i>																		
285/2	<i>P. gallica</i>	Rozettás, kevés légmicéliummal, éles széle van a telepnek.	Elliptikus, nem papillás.		38,1 6			38,96		0,98					12,0 5	32,4 2	56,9 4	kerek	
287/1	<i>P. lacustris</i>	Rozettás, bolyhos, a telep széle éles.	Hosszúkás tojásdad, citrom alakú vagy hosszúkás elliptikus, nem papillás sporangium, a sporangiumtartón marad.	30,2 7	43,7 2	68,8 3	13,32	21,39	29,45	2,04	7,43	11,8 7	15,8 7	Külső proliferáció jellemző, egyszerű, nem elágazó sporangiumtartó.					Koralloid hifátágulatok.

7. Melléklet: A részletes morfológiai vizsgálattal jellemzett *P. cactorum* tenyészetek jellemzői – 1.: Telepjelleg, növekedési ütem, sporangiumok, klamidospórák, hifátágulatok

Azonosító	Telepjelleg	Sporangium hossza			Sporangium szélessége			H:Sz arány	Sporangium alakja, jellemzői	Klamidospórák hossza			Klamidospórák szélessége			Klamidospórák jellemzői	hifadudorok
		min.	átlag	max.	min.	átlag	max.			min.	átlag	max.	min.	átlag	max.		
169	lenyomott	17,96	23,79	34,15	13,09	15,94	18,60	1,49	tojásdad, feltűnően papillás, rövid pedicellummal leszakad a tartóról (1,54 ill. 2,14); a sporangiumtartó egyszerű	13,11	18,34	22,03	12,68	17,41	19,79	vékony falú, kerek képletek	nem képződtek
170/1	lenyomott	11,35	15,84	20,01	9,52	12,05	15,10	1,31	tojásdad, feltűnően papillás, rövid pedicellummal leszakad a tartóról (1,54 ill. 2,14); a sporangiumtartó egyszerű	9,50	12,29	16,04	9,26	12,18	16,40		
170/2	lenyomott	17,43	21,88	29,35	11,50	14,61	18,66	1,50	tojásdad, feltűnően papillás, rövid pedicellummal leszakad a tartóról (1,54 ill. 2,14); a sporangiumtartó egyszerű	11,03	15,12	18,91	11,16	13,06	14,39		
171/1	lenyomott	14,02	21,22	28,02	11,05	14,81	18,99	1,43	nagyjából kerek, kissé tojásdad, feltűnően papillás sporangiumok, kis méretű pedicellummal (2 mikrom) elválík a tartótól	7,23	10,90	14,92	7,85	11,15	15,92		
172/1	lenyomott	13,19	18,77	24,44	12,02	14,31	20,31	1,31	elliptikus, feltűnően papillás,	10,72	13,81	17,50	10,06	14,12	17,64		
175/1	lenyomott	13,19	20,96	26,22	11,07	15,83	20,31	1,32	kerek vagy kissé tojásdad, feltűnően papillás sporangiumok	-	-	-	-	-	-		
176/2	lenyomott	14,00	22,83	29,92	11,02	17,15	21,84	1,33	tojásdad, feltűnően papillás, rövid pedicellummal leszakad a tartóról	15,94	17,93	22,65	15,43	17,67	21,42		
178/1	lenyomott	12,91	20,24	24,24	9,79	14,61	18,64	1,39	tojásdad, feltűnően papillás, tartóól leváló sporangiumok	9,33	11,73	18,22	9,02	11,74	13,75		
178/2	lenyomott	14,09	20,98	26,35	11,44	14,39	17,39	1,46	tojásdad, feltűnően papillás, sporangiumtartóról leszakadó sporangiumok	10,18	13,50	18,38	9,21	13,61	18,57		
300	lenyomott	14,62	21,92	27,97	11,30	14,61	18,25	1,50	tojásdad, feltűnően papillás, a tartóról rövid pedicellummal (2,5 mikrom) leszakadó sporangium	12,46	14,13	15,77	12,16	13,88	18,46		
301	lenyomott	17,33	22,44	25,80	12,18	15,16	17,76	1,48	tojásdad vagy elliptikus, feltűnően papillás, a tartóról leszakadó	10,51	11,65	12,79	12,89	13,14	13,39		
302	lenyomott	12,67	19,20	26,61	10,01	13,83	18,27	1,39	tojásdad, feltűnően papillás; rövid pedicellummal (3,9 ill. 2,12 mikrom) leszakadó sporangiumtojásdad	8,99	12,24	14,95	8,56	11,74	14,83		
303	lenyomott	16,15	20,38	24,97	12,44	14,49	17,43	1,41	tojásdad vagy kerek, feltűnően papillás sporangiumok, leszakadnak a tartóról	6,73	9,13	11,29	6,43	8,79	9,91		

7. Melléklet: a részletes morfológiai vizsgálattal jellemzett *P. cactorum* tenyészetek jellemzői – 2.: oogónium, anterídium, oospóra jellemzői

Azonosító	Oogónium mérete			Oogónium alakja	Anterídium hossza			Anterídium szélessége			Anterídium jellemzői	Oospóra átmérője			Oospóra jellemzői	Falvastagság
	min.	átlag	max.		min.	átlag	max.	min.	átlag	max.		min.	átlag	max.		
169	12,36	13,76	15,34	gömbölyű, sima falú	3,81	6,29	10,22	3,41	5,31	6,90	elliptikus, paragin csatlakozás	11,62	13,80	17,25	gömbölyű, vastag falú	1,6-3,2 µm
170/1	13,10	13,10	13,10	gömbölyű, sima falú	3,30			4,53				9,22	12,94	17,64		1,6-3,2 µm
170/2	11,69	13,76	17,44	gömbölyű, sima falú	3,71	5,55	10,21	2,70	5,06	9,00		11,71	14,13	17,01		1,6-3,2 µm
171/1				nem észleltem							nem észleltem	3,95	10,00	14,17	plerotikus, gömbölyű oospórák, tömegesen keletkeztek.	1,6-3,2 µm
172/1	13,40	13,40	13,40	gömbölyű, sima falú	6,02			6,34			elliptikus paragin csatlakozás				nem észleltem	-
175/1	14,44	14,47	14,50	gömbölyű, sima falú	3,48			3,21							nem észleltem	-
176/2	9,61	11,77	13,13	gömbölyű, sima falú	3,69	4,83	5,84	5,54	6,10	7,17		11,69	13,97	16,16	gömbölyű, vastag falú	1,6-3,2 µm
178/1	12,22	14,43	17,54	gömbölyű, sima falú	2,97	5,51	8,61	3,59	5,92	9,11		8,12	13,11	16,29		1,6-3,2 µm
178/2	11,88	15,48	17,00	gömbölyű, sima falú	4,94	5,73	6,58	4,63	6,72	8,14		12,66	14,40	17,15		1,6-3,2 µm
300	12,14	13,32	15,12	gömbölyű, sima falú	5,19	6,58	8,86	5,39	6,36	7,53		11,79	13,91	15,74		1,6-3,2 µm
301	10,25	13,52	17,68	gömbölyű, sima falú	2,60	5,86	8,68	3,66	5,60	7,43		11,04	13,74	18,00		1,6-3,2 µm
302	11,99	13,62	16,50	gömbölyű, sima falú	4,70	5,69	6,98	4,89	5,80	7,84		10,91	13,16	17,60		1,6-3,2 µm
303	10,90	13,63	15,07	gömbölyű, sima falú	3,21	5,43	10,91	4,61	5,52	8,57		10,37	13,20	16,67	1,6-3,2 µm	

8. Melléklet: A részletes morfológiai vizsgálattal jellemzett *P. gonapodyides* izolátumok jellemzői

Azonosító	Telepjelleg	Sporangium alak	Sporangium hossza			Sporangium szélessége			H:Sz arány	Hifatágulat
			min	átl	max	min	átl	max		
123/1	rozettás, bolyhos, a telep széle nem éles	tojásdad, maradó, nem papillás. Kicsit oldalracsúszik a tartó kapcsolódása	36,79	39,42	42,05	24,56	27,91	31,25	1,41	van, láncszerű, szabálytalan megvastagodások
125/1	rozettás, bolyhos, a telep széle nem éles	tojásdad, hosszúkás, elliptikus, fordított tojásdad; nem papillás, tartón maradó	35,78	44,37	52,96	19,14	22,55	25,95	1,97	nincs
130/1	rozettás, dús légmicéliummal, a telep széle nem éles	tojásdad, elliptikus, nem papillás, a sporangiumtartón marad; a tartó kissé féloldalasan csatlakozik a sporangiumhoz.	39,25	48,41	57,56	23,62	27,26	30,89	1,78	nincs
190	rozettás, bolyhos, a telep széle nem éles	tojásdad vagy elliptikus, nem papillás, sporangiumtartón maradó sporangiumok.	46,21	55,72	65,23	27,4	29,93	32,45	1,86	nincs
212a	rozettás	hosszúkás-tojásdad, sok fiatal, kerek-elliptikus; maradó, nem papillás	39,36	46,36	53,35	20,07	23,40	26,72	1,98	nincs
213/1	csillag szerű, kevés légmicéliummal, a telep széle nem éles	toásdad, nem papillás	39,02	47,61	56,19	23,13	28,89	34,64	1,65	nincs
220a	csillagszerű, kevés légmicéliummal, a telep széle nem éles	hosszúkás-tojásdad, nem papillás, belső proliferáció	49,06	61,67	74,28	21,6	24,61	27,61	2,51	nincs
215a	rozettás	tojásdad, nem papillás, belső proliferáció	24,04	31,29	38,53	19,48	21,95	24,41	1,43	nincs
217/1	szíromszerű	nem észleltem	-	-	-	-	-	-	-	nincs
234/1	bolyhos, kicsit rozettás	tojásdad, nem papillás, belső proliferáció	44,09	50,25	56,40	26,44	30,36	34,28	1,66	nincs
131/1a	rozettás, bolyhos, éles széllel	nem észleltem								
182/2a	rozettás, a közepén kevés nemezes légmicélium, a telep széle nem éles	nem észleltem								

9. Melléklet: A részletes morfológiai vizsgálattal jellemzett *Phytophthora sp. hungarica* izolátumok jellemzői.

A.: Sugárnövekedés, telepjelleg, sporangiumok

Azonosító	Sugárnövekedés üteme (mm/nap)	Telepjelleg	Sporangium hossza			Sporangium szélessége			H:SZ arány	Sporangium jellemzői
			min	átlag	max	min	átlag	max		
294a	4,00	rozettás-csilagszerű, nincs éles telephatár	-	-	-	-	-	-	-	nem képzett
277	4,75	rozettás-csilagszerű, nincs éles telephatár	-	-	-	-	0	-	-	nem képzett
280	4,75	rozettás-csilagszerű, nincs éles telephatár	-	-	-	-	-	-	-	nem képzett
289	4,25	rozettás-csilagszerű, nincs éles telephatár	-	-	-	-	-	-	-	nem képzett
291	5,08	rozettás-csilagszerű, nincs éles telephatár	14,92	48,18	80,34	10,17	30,63	54,78	1,47	tojásdad, nem papillás-szemipapillás, tartón maradó sporangiumok, internal-nested proliferation
292	4,83	rozettás-csilagszerű, nincs éles telephatár	-	-	-	-	-	-	-	nem képzett
293	4,08	rozettás-csilagszerű, nincs éles telephatár	-	-	-	-	-	-	-	nem képzett

9. Melléklet: A részletes morfológiai vizsgálatot jellemzett *Phytophthora sp. hungarica* izolátumok tulajdonságai ÁTSZÁMOLVA

B. Ivaros szaporító képletek

	Oogónium átmérője			Jellemzők	Oospóra átmérője			Falvastagság			Jellemzők	Anterídium hossza			Anterídium szélessége			Jellemzők
	min	átlag	max		min	átlag	max	min	átlag	max		min	átlag	max	min	átlag	max	
294a	21,79	29,41	38,06	kerek,sima vagy kicsit bibircses falú	19,58	26,75	33,92	-	7,60	-	vékony,sima falú, apolerotikus vagy plerotikus	11,43	13,01	14,6	10,14	10,82	11,51	paragin, kissé hosszúkás, elliptikus
277	32,96	35,21	39,28	kerek,sima vagy kicsit bibircses falú	26,6	32,55	36,23	2,61	4,34	6,10	vékony,sima falú, apolerotikus vagy plerotikus	-	10,37	-	-	5,99	-	-
280	27,47	31,21	33,99	kerek,sima vagy kicsit bibircses falú		31,46		3,26	4,08	4,47	vékony,sima falú, apolerotikus vagy plerotikus	-	-	-	-	-	-	-
289	29,76	34,13	36,58	kerek,sima vagy kicsit bibircses falú	32,16	33,45	34,75	n.a.	n.a.	n.a.	vékony,sima falú, apolerotikus vagy plerotikus	-	-	-	-	-	-	-
291	25,61	31,36	33,68	kerek,sima vagy kicsit bibircses falú	-	-	-	-	-	-	-	-	10,69	-	-	10,12	-	-
292	29,31	33,72	39,09	kerek,sima vagy kicsit bibircses falú	28,70	36,35	42,12	2,28	2,95	4,11	vékony,sima falú, apolerotikus vagy plerotikus	-	-	-	-	-	-	-
293	19,07	30,79	41,83	kerek,sima vagy kicsit bibircses falú		31,28		2,28	3,57	5,56	vékony,sima falú, apolerotikus vagy plerotikus	-	-	-	-	-	-	-

10. Melléklet: A részletes morfológiai vizsgálattal jellemzett *P. lacustris* izolátumok jellemzői

Azonosító	Telepjelleg	Sporangium alak	Sporangium hossza			Sporangium szélessége			L:Sz arány	Hifadudor
			min	átl	max	min	átl	max		
181/1	sima, nagyon bolyhos, a telep széle éles	nem papillás, esetleg szemi-papillás, tojásdad sporangiumok; tartón maradnak. A tartó egyszerű, nem elágazó.	25,97	38,91	59,9	15,34	23,99	31,02	1,62	nincs
185/2	csillag szerű, kevés légmicélium, a telep széle nem éles	tojásdad, nem papillás sporangiumok, belső proliferáció	15,89	24,55	44,97	15,34	19,56	23,1	1,25	nincs
205/1	rozettás, a közepén kevés légmicélium, a telep széle fokozatosan halványul el	tojásdad vagy hosszúkás-elliptikus sporangiumok, nem papillásak, az egyszerű, nem elágazó tartón maradnak. "Nested" proliferáció; belső proliferáció;	29,83	45,3	57,99	21,11	25,79	30,81	1,76	nincs
224/2	rozettás, nagyon bolyhos, a telep széle éles		-	-	-	-	-	-	-	nincs
235/2	rozettás, nemezesen bolyhos	tojásdad vagy elliptikus, nem papillás sporangiumok belső proliferációval;	27,17	37,65	53,01	15,83	22,67	32,21	1,66	nincs
237/1	csillag szerű, kevés légmicéliummal, a telep széle átmenetes	tojásdad, nem papillás sporangiumok, belső proliferáció	26,68	36,37	49,54	13,97	24,68	33,42	1,47	nincs
246/1	sziromszerű gyér bolyhos, a telep széle átmenetes	tojásdad, nem papillás sporangiumok, belső proliferáció	17,91	32,34	38,39	16,2	22,75	29,37	1,42	gömbölyű és szabálytalan alakú hifadudorok és hifatágulatok
216/1	sziromszerű, kevés légmicéliummal, a telep széle fokozatosan halványul el	nem volt észlelhető								
205/2	rozettás, nagyon bolyhos, a telep széle éles	nem volt észlelhető								
223a	csillagszerű, kevés légmicéliummal, a telep széle nem éles	nem volt észlelhető								
189/2	csillagszerű, kevés légmicélium, a telep széle nem éles	nem volt észlelhető								

11. Melléklet: A vizsgált *P. plurivora* izolátumok részletes jellemzői – 1.: A telep jellemzői és az ivaros képletek

Izolátum azonosítója	Telepjelleg	Oogónium mérete			Oogónium alakja	Anterídium hossza			Anterídium szélessége			Anterídium jellemzői	Oospóra átmérője			Oospóra jellemzői
		min	átlag	max		min	átlag	max	min	átlag	max		min	átlag	max	
145/1	krizantém szerű, a telep határa elmosódott, gyér légmicélium	-	-	-	nem észleltem	-	-	-	-	-	-	nem észleltem	-	-	-	nem képezett
139/1	krizantém szerű, a telep határa elmosódott, gyér légmicélium	-	-	-	nem észleltem	-	-	-	-	-	-	nem észleltem	9,68	12,60	17,38	aplerotikus oospóra, sima falú, gömbölyded
140/2	krizantém szerű, a telep határa elmosódott, gyér légmicélium	-	-	-	nem észleltem	-	-	-	-	-	-	nem észleltem	-	-	-	nem képezett
166/1	krizantém szerű, a telep határa elmosódott, gyér légmicélium	-	-	-	nem észleltem	-	-	-	-	-	-	nem észleltem	-	-	-	nem képezett
164/2	krizantém szerű, a telep határa elmosódott, gyér légmicélium	12,65	13,97	15,13	kerek	4,06	6,30	9,64	4,26	5,94	7,44	fordított tojásdad, paragin	7,42	11,89	16,11	sima falú, plerotikus és aplerotikus oospóra
185/1	krizantém szerű, a telep határa elmosódott, gyér légmicélium	-	-	-	nem észleltem	-	-	-	-	-	-	nem észleltem	-	-	-	nem képezett
183/1a	krizantém szerű, a telep határa elmosódott, gyér légmicélium	-	-	-	nem észleltem	-	-	-	-	-	-	nem észleltem	-	-	-	nem képezett
211/1	krizantém szerű, a telep határa elmosódott, gyér légmicélium	11,71	12,34	13,59	kerek	4,01	4,49	5,45	4,06	4,72	6,05	fordított tojásdad, paragin	9,84	13,37	15,50	sima falú, gömbölyded, aplerotikus
207/1	krizantém szerű, a telep határa elmosódott, gyér légmicélium	-	-	-	nem észleltem	-	-	-	-	-	-	nem észleltem	8,95	12,78	17,19	aplerotikus oospóra
202a	krizantém szerű, a telep határa elmosódott, gyér légmicélium	-	-	-	nem észleltem	-	-	-	-	-	-	nem észleltem	-	-	-	nem képezett
144/1	krizantém szerű, a telep határa elmosódott, gyér légmicélium	-	-	-	nem észleltem	-	-	-	-	-	-	nem észleltem	11,39	12,73	13,62	sima falú, gömbölyded, aplerotikus

11. Melléklet: A vizsgált *P. plurivora* izolátumok részletes jellemzői – 2.: Sporangiumok és klamidospórák

Izolátum azonosítója	Sporangium hossza			Sporangium szélessége			H:Sz arány	Sporangium alakja, jellemzői	Sporangiumtartó jellemzői	Hifátágulatok hossza			Hifátágulatok szélessége			Hifátágulatok jellemzői
	min	átlag	max	min	átlag	max				min	átlag	max	min	átlag	max	
145/1	12,41	20,62	28,34	9,20	15,19	25,77	1,36	Elliptikus, fordított tojásdad, tojásdad vagy szabálytalan alak egy csúccsal. Szemi-papillás. A tartón marad.	Egyszerű, nem elágazó. Külső proliferáció. Néhány esetben a sporangium oldalán csatlakozik.	11,36	14,55	19,54	11,52	14,67	21,27	Kerek képletek, hifa végén keletkeztek.
139/1	18,63	25,59	37,14	8,97	16,68	21,61	1,53	Tojásdad, körte, szabálytalan alak egy csúccsal, minden esetben szemipapillás. A tartón marad.		8,02	10,87	16,05	7,31	10,33	13,75	Kerek képletek, hifa végén keletkeztek.
140/2	14,37	22,11	30,70	9,55	15,67	23,42	1,41	Tojásdad, fordított tojásdad vagy szabálytalan alak egy vagy két csúccsal, szemipapillás. A tartón marad.	Egyszerű, nem elágazó tartó; külső proliferáció jellemző.	-	-	-	-	-	-	Nem észleltem.
166/1	16,46	24,38	34,42	10,26	17,11	30,94	1,42	Körte alakú, szemipapillás, tartón marad. A tartón marad.	Nem elágazó, oldalt csatlakozik a sporangiumhoz. Külső proliferáció jellemző.	10,11	13,53	18,38	11,48	13,84	18,99	Kerek képletek, hifa végén keletkeztek.
164/2	14,26	21,44	27,94	11,94	15,21	19,66	1,41	Fordított tojásdad, fordított körte vagy szabálytalan alak egy csúccsal. Tömeges sporangium képzés talajoldatban. A tartón maradnak a sporangiumok.	Nem elágazó sporangiumtartók, külső proliferáció.	8,31	13,17	16,86	8,78	13,33	16,80	Kerek képletek, hifa végén keletkeztek. Vékony fal, tömeges.
185/1	14,32	22,90	29,60	13,32	17,60	28,34	1,30	Tojásdad, körte, szabálytalan alak egy vagy két csúccsal, minden esetben szemipapillás. A tartón marad.	Nem elágazó tartó, a sporangiumhoz esetenként oldalt csatlakozik. Külső proliferáció jellemző.	9,44	11,73	18,15	10,20	12,49	18,71	Kerek képletek, hifa végén keletkeztek. Vékony fal, viszonylag kevés fordul elő.
183/1a	15,52	22,37	31,75	11,98	16,81	22,07	1,33	Elliptikus, visszas-tojásdad, tojásdad vagy szabálytalan alak egy vagy két csúccsal; szemi-papillás. A tartón marad.	Nem elágazó sporangium tartók, külső proliferáció.	11,52	17,15	21,52	11,74	17,18	20,06	Kerek-elliptikus képletek, hifa végén keletkeztek. Faluk vékony. Kevés keletkezett.
211/1	12,38	20,18	30,10	8,22	14,36	21,13	1,41	Tojásdad, fordított tojásdad, kerek vagy szabálytalan alak egy csúccsal; szemi-papillás. A tartón marad.	Nem elágazó sporangium tartók, külső proliferáció.	7,59	11,55	19,33	7,00	10,82	17,59	Kerek képletek, hifa végén, magánosan. Vékony fal, kevés képződött.
207/1	41,19	50,57	57,82	29,93	36,95	45,28	1,37	Szabálytalan, egy csúcsú sporangium. A tartón marad.		-	-	-	-	-	-	Nem észleltem.
202a	-	-	-	-	-	-	-	Nem észleltem.		-	-	-	-	-	-	Nem észleltem.
144/1	-	-	-	-	-	-	-	Nem észleltem.		7,91	8,12	8,34	8,64	8,70	8,76	Kerek képletek, hifa végén keletkeztek.

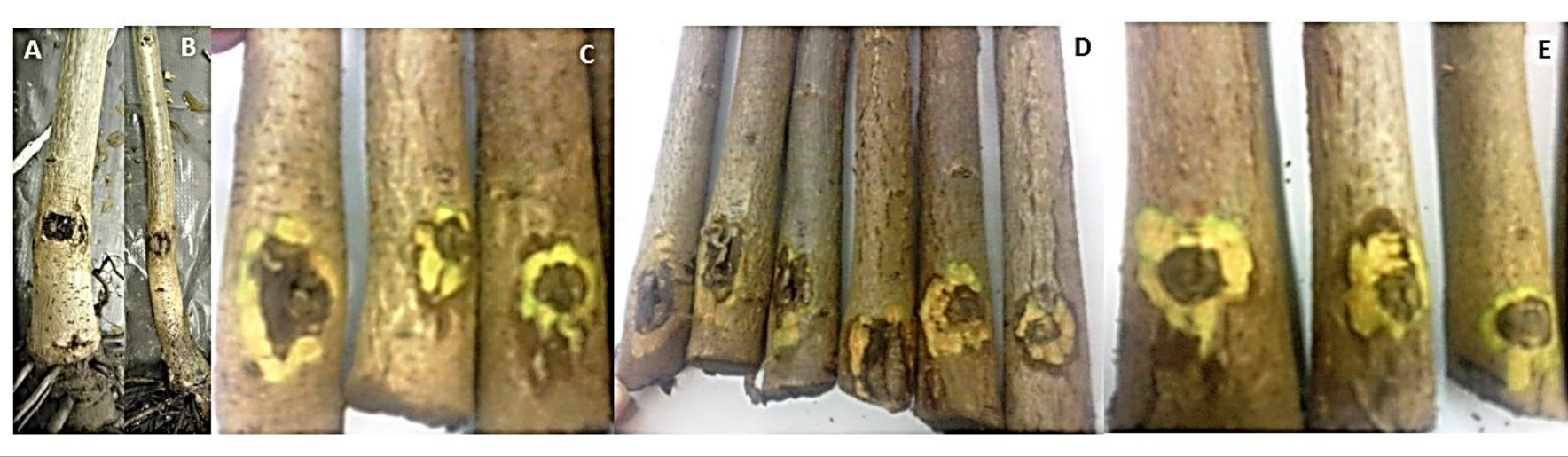
12. Melléklet: A vizsgált *P. polonica* izolátumok részletes jellemzése – 1. Ivaros képletek

Azonosító	Telepjelleg	Oogónium mérete			Oogónium alakja	Anterídium hossza			Anterídium szélessége			Anterídium jellemzői	Oospóra átmérője			Oospóra jellemzői	Megjegyzés
		min.	átlag	max.		min.	átlag	max.	min.	átlag	max.		min.	átlag	max.		
142/1		-	-	-	Nem keletkezett.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
209/2	Sima, lenyomott.	32,26	52,13	72,00	Gömbölyű, sima falú.	9,59	11,91	13,44	7,40	9,25	10,75	Oogónumonként 1, egysejtű, hosszúkás. Paragin.	26,87	33,51	38,25	Gömbölyű.	Csak kevés ivaros szaporító képlet keletkezett.
210/2	Sima, lenyomott.	21,50	30,21	39,56	Gömbölyű; sima és bibircses falú.	12,20	14,19	16,80	-	-	-	Oogónumonként 1, egysejtű, rövid, kerekded. Amfigin és paragin.	21,50	30,42	39,56	Gömbölyű.	Csak kevés ivaros szaporító képlet keletkezett.
252/1		-	-	-	Nem keletkezett.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

12. Melléklet: A vizsgált *P. polonica* izolátumok részletes jellemzése – 2. Ivartalan képletek

Azonosító	Sporangium hossza			Sporangium szélessége			Pórus			H:Sz arány	Sporangium alakja, jellemzői	Hifadudorok átmérője			Hifadudorok jellemzői	Klmidospórák
	min.	átlag	max.	min.	átlag	max.	min.	átlag	max.			min.	átlag	max.		
142/1	-	-	-	-	-	-				-	Nem képzett.	5,99	12,05	21,70	Gömbölyűek, magánosan vagy láncszerűen keletkeznek; a hifák közben vagy végén	Nem képződtek.
209/2	41,38	47,19	51,97	25,39	32,66	39,30	Nem találtam.			1,44	Tojásdad, nem papillás.	22,60	32,26	72,00	Változatos: gömbölyű, szabálytalan alakú, korall szerű..., magánosan vagy csoportokban is keletkeznek.	Nem képződtek.
210/2	44,93	56,26	69,55	28,56	36,73	40,47	10,64	17,58	25,83	1,53	Tojásdad, nem papillás.	14,00	30,89	63,00	Változatos: gömbölyű, szabálytalan alakú, korall szerű..., magánosan vagy csoportokban is keletkeznek.	Nem képződtek.
252/1	-	-	-	-	-	-				-	Nem képzett.	12,40	17,73	22,60	Gömbölyűek, magánosan vagy láncszerűen keletkeznek; a hifák közben vagy végén	Nem képződtek.

13. Melléklet: A feketedió csemetéken, a mesterséges fertőzés következtében keletkezett nektrózisok. A: *P. plurivora*, 2012 szeptemberi fertőzés, B: *P. cactorum*, 2012 szeptemberi fertőzés, C: *P. plurivora*, 2013 májusi fertőzés, D: *P. cactorum*, 2013 májusi fertőzés, E: *P. polonica*



14. Melléklet: A fertőzési kísérlethez használt feketedió csemeték adatai

Fertőzés ideje	<i>Phytophthora sp.</i>	Hajtás Hossz (cm)			Átmérő (mm)			Nektrózis területe (mm ²)			Hajtás állapota
		min	átlag	max	min	átlag	max	min	átlag	max	
ősz	<i>P. cactorum</i>	58	93	116	4,61	5,11	5,72	32,9867	62,93	102,102	tünetmentes
ősz	<i>P. plurivora</i>	91	101,5	112	4,13	5,79	6,4	39,2699	126,25	235,619	tünetmentes
ősz	kontrol	78	85,1	105	4,77	5,23	6,05	0	0	0	tünetmentes
tavaszi	<i>P. cactorum</i>	37	106,344	159	12	23	37	58,9	192,2	400,6	tünetmentes
tavaszi	<i>P. plurivora</i>	44	110,547	161	10	22,1	33	18,85	76,81	207,34	tünetmentes
tavaszi	<i>P. polonica</i>	48	90,1	172	11	20,3333	32	0	65,45	117,8	tünetmentes
tavaszi	kontrol	62	101,23	126	10	17,7	22	0	0	0	tünetmentes

15. Melléklet. A fertőzési kísérletekhez használt mézgás éger csemeték jellemző adatai, kezelési csoportonként

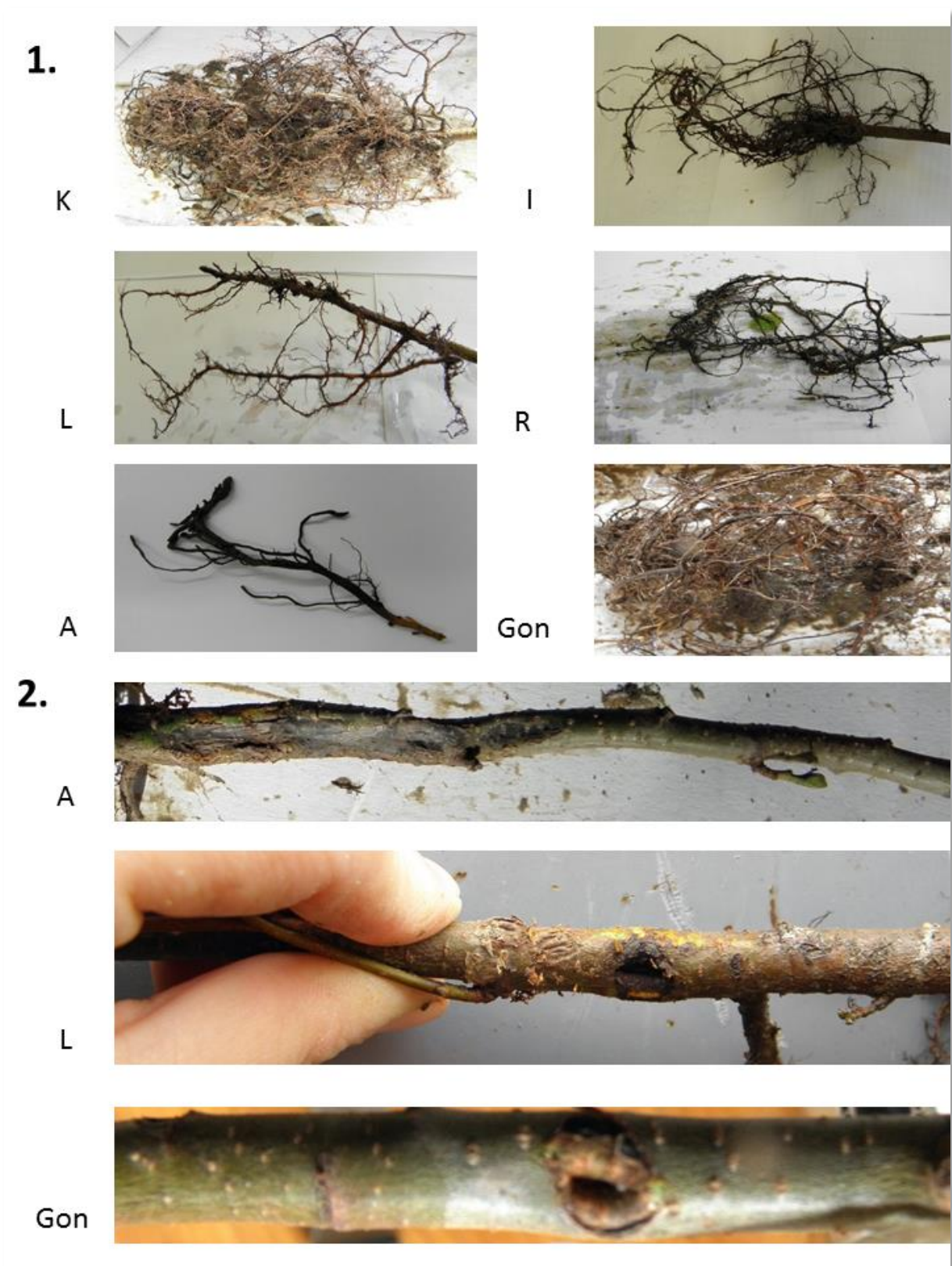
A.: Hajtás adatok

Csoport	Átmérő (mm)			Hajtás hossza (cm)			Hajtás állapota	Nekrózis területe		
	min	max	átlag	min	max	átlag		min	max	átlag
<i>P. taxon raspberry</i> (gyökérfertőzés)	6,68451	13,0507	9,45798	45	110	78,8333	1			
<i>P. taxon raspberry</i> (sebinokulálás)	4	14	9,29412	37	110	92,5833	1,3333333	7,85398	188,496	56,505
PAM (gyökérfertőzés)	4	11,5	8,52941	38	103	74,2353	1,5294118			
PAM (sebinokulálás)	2	12	7,95238	16	104	75,6667	2,3333333	0	1350,9	502,319
<i>P. gonapodyides</i> (gyökérfertőzés)	6	10	8,38235	52,5	128	78,7059	1,1176471			
<i>P. gonapodyides</i> (sebinokulálás)	5	14	9,60714	55	112	89,6429	1,2142857	0	78,5398	45,6092
<i>P. inundata</i> (gyökérfertőzés)	4	12	8,47059	37	102	85,5294	1,3529412			
<i>P. inundata</i> (sebinokulálás)	6	12	8,61765	62	114	92,2941	1,3529412	0	66,7588	33,6797
<i>P. lacustris</i> (gyökérfertőzés)	3,5	14,5	9,29647	5	106	76,7059	1,4117647			
<i>P. lacustris</i> (sebinokulálás)	6	14	9,47059	46	100	74,2353	1,8823529	31,4159	522,29	132,594
Kontrol	6	10	8,32353	60	94	76,3529	1,4117647	0	0	0

B.: Gyökérzet adatok

Csoport	gyökérzet szélessége (mm)			gyökérzet hossza (cm)			gyökérzet állapota
	min	max	átlag	min	max	átlag	
<i>P. taxon raspberry</i> (gyökérfertőzés)	70	250	143,611	16	94	30,1111	1,8888889
<i>P. taxon raspberry</i> (sebinokulálás)	75	170	127,059	26,5	50	33,9706	1,1111111
<i>P. alni ssp. multiformis</i> (gyökérfertőzés)	5	230	100,471	5	35	26,5882	2,7647059
<i>P. alni ssp. multiformis</i> (sebinokulálás)	65	550	264	8,5	34,5	17,3294	2,047619
<i>P. gonapodyides</i> (gyökérfertőzés)	80	150	118,529	19	29	24,3529	1,3529412
<i>P. gonapodyides</i> (sebinokulálás)	90	165	129,643	22,5	47	34,9286	1,2857143
<i>P. inundata</i> (gyökérfertőzés)	2	16	10,4706	8	34	22,6176	1,4705882
<i>P. inundata</i> (sebinokulálás)	115	170	135,294	18	43	28,0588	1,1176471
<i>P. lacustris</i> (gyökérfertőzés)	0,6	22	13,3294	7	60	29,7647	2,4117647
<i>P. lacustris</i> (sebinokulálás)	90	175	136,706	22	46	34,5588	1,5294118
Kontrol	111	173	141,471	25	43	32,5	1

16. Melléklet: Tapasztalt tünetek a mézgás éger csemeték gyökérzetén (1) és okozott nekrózisok (2). Rövidítések: *A*: *P. alni*, *R*: *P. taxon raspberry*, *L*: *P. lacustris*, *I*: *P. inundata*, *Gon*: *P. gonapodyides*



17. Melléklet: A madárcseresznye csemeték mért és skálák alapján értékelt tulajdonságainak átlag, minimum és maximum értékei kezelési csoportonként.

Fertőzési csoport	Gyökérzet állapota			Gyökérzet hossza [mm]			gyökérzet szélessége [mm]			hajtás állapota			hajtás hossza [mm]			átmérő [mm]			nekrózis területe [mm ²]		
	átl.	min	max.	átl.	min.	max.	átl.	min.	max.	átl.	min.	max.	átl.	min.	max.	átl.	min.	max.	átl.	min.	max.
PpoH	4,0	2,0	5,0	123	0	250	23,1	0,0	90,0	3,3	1,0	5,0	471	290	790	5,05	4,00	6,50	82,96	7,07	246,74
PpoK	2,6	2,0	4,0	178	60	300	85,5	25,0	140,0	1,8	1,0	5,0	757	400	1060	7,51	5,00	11,50	42,46	0,00	236,87
PplH	3,4	1,0	5,0	149	50	270	46,0	5,0	100,0	3,3	2,0	5,0	432	320	650	5,40	4,50	8,00	69,37	3,14	370,11
PplK	2,3	1,0	4,0	197	120	270	129,0	80,0	180,0	1,3	1,0	2,0	750	560	1020	8,15	6,50	10,00	93,11	0	329,87
H	1,0	1,0	1,0	262	230	300	106,0	80,0	150,0	1,0	1,0	1,0	686	520	990	5,80	4,00	7,00	0	0	0
K	1,0	1,0	1,0	228	140	270	130,0	110,0	160,0	1,0	1,0	1,0	730	580	800	6,10	5,00	7,00	0	0	0

18. Melléklet: A fertőzési kísérlethez használt madárcseresznye csementék gyökérzetei közötti eltérések. A.: kontrol talaj, fertőzés nélkül. B: kontrol talaj+ *P. plurivora*, C: kontrol talaj + *P. polonica*. D.: homokos vályog talaj, fertőzés nélkül, E: homokos vályog talaj + *P. plurivora*, F: homokos vályog talaj + *P. polonica*.



19. Melléklet: A kocsánytalan tölgy csemeték mért és skálák alapján értékelt tulajdonságainak átlag, minimum és maximum értékei kezelési csoportonként.

19. A.: A talajon keresztül fertőzött csemeték tulajdonságai

	Hajtás hossza (cm)			Átmérő (mm)			Hajtás állapota			Gyökérzet hossza (cm)			Gyökérzet szélessége (cm)			Gyökérzet állapota		
	min	átlag	max	min	átlag	max	min	átlag	max	min	átlag	max	min	átlag	max	min	átlag	max
<i>P. lacustris</i>	7	16,42	26,5	4	7	11	1	1	1	10	22,5	37	1	4,33	10	3	1,83	1
<i>P. plurivora</i>	8	20,33	31	4	6,58	8	5	1,7	1	0	24,5	37	0	4,75	10	5	2,33	1
<i>P. gonapodyides</i>	13	19,42	27	7	7,92	9,5	1	1	1	17	26	42	0,5	3,58	5	3	2,5	2
kontrol	17	27,38	40	6	7,5	10	1	1	1	10	24	35	4,5	7,69	11	1	1	1

19. B.: A sebinokulációval fertőzött csemeték tulajdonságai

	Hajtás hossza (cm)			Átmérő (mm)			Nekrózis területe (mm ²)			Hajtás állapota		
	min	átlag	max	min	átlag	max	min	átlag	max	min	átlag	max
<i>P. lacustris</i>	23	31,29	40	4	8,57	15	7,07	31,30	82,47	2	1,14	1
<i>P. plurivora</i>	20	49,00	83	6	11,43	17	15,71	89,93	296,09	5	2,14	1
<i>P. gonapodyides</i>	14	49,00	75	5	11,43	21	3,93	89,93	50,27	2	1,13	1
kontrol	31	49,00	62	10	11,43	14	0,00	89,93	0,00	1	1	1

20. Melléklet: A szelídesztenye csemetek mért és skálák alapján értékelt tulajdonságainak átlag, minimum és maximum értékei kezelési csoportonként.

20.A.: A föld feletti részek tulajdonságai.

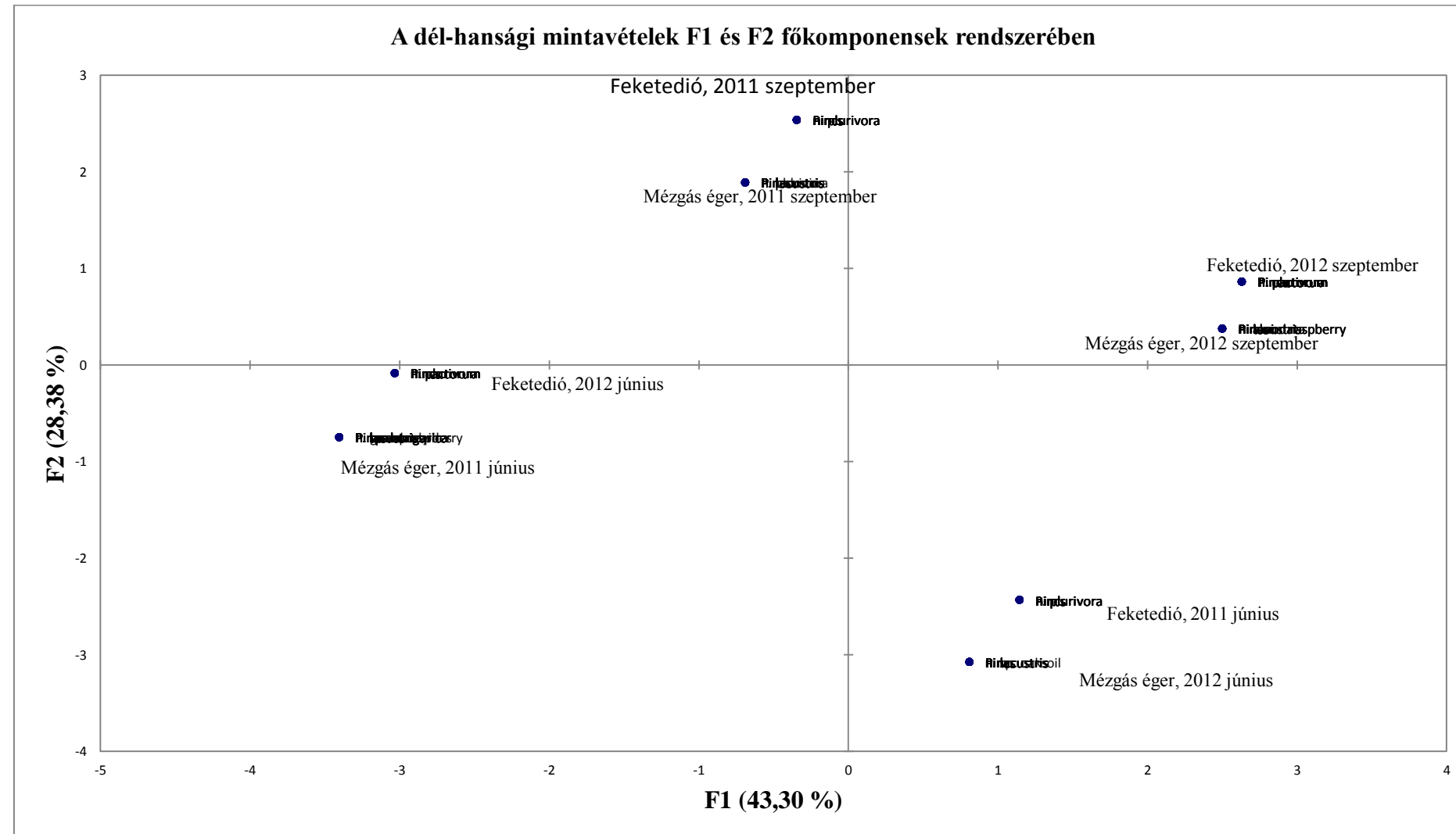
	Elpusztult csemetek száma	Hajtás hossza (cm)			Törzs kerülete (mm)			Hajtás állapota			Nekrózis területe (mm ²)		
		ÁTL.	MIN	MAX	ÁTL.	MIN	MAX	ÁTL.	MIN	MAX	ÁTL.	MIN	MAX
Nem mikorrhizált kontroll	0	53,7	45	67,4	36,9	27	52	1	1	1			
Mikorrhizált kontroll	0	46,16	20	74	61,70	23	100,00	1,1	1	2			
Mikorrhizált csemete+foszfit	0	45,8	30	81	52,3	27	95	1	1	1			
Mikorrhizált csemete + réz-oxiklorid	0	50,99	33	65,2	55,5	31	81	1	1	1			
Duplán fertőzött csemete	1	32,8	23	52	31,2	18	50	3	2	4	465,96	1162,39	1963,5
Talajfertőzött csemete	0	46,6	32	57	28,4	20	42	1,4	1	2			
Duplán fertőzött, mikorrhizált csemete	0	44,8	30	60	37,2	30	50	1	1	1	333,79	102,1	706,86
Talajfertőzött, mikorrhizált csemete	0	51	30	63	41,6	32	52	1	1	1			
Duplán fertőzött csemete + foszfit	0	44,8	37	55	40	23	56	1,8	1	3	373,22	0,000	1178,1
Talajfertőzött csemete+ foszfit	0	33,7	23	40,5	22,25	20	24	1,2	1	2			
Duplán fertőzött csemete + rézoxiklorid	2,5	32,82	15	55	24,6	15	33	2,6	1	4	568,94	0	871,79
Talajfertőzött csemete+ rézoxiklorid	1	37,3	23	52	40,2	20	59	1,6	1	4			

20. Melléklet: A szelídesztenye csemetek mért és skálák alapján értékelt tulajdonságainak átlag, minimum és maximum értékei kezelési csoportonként.

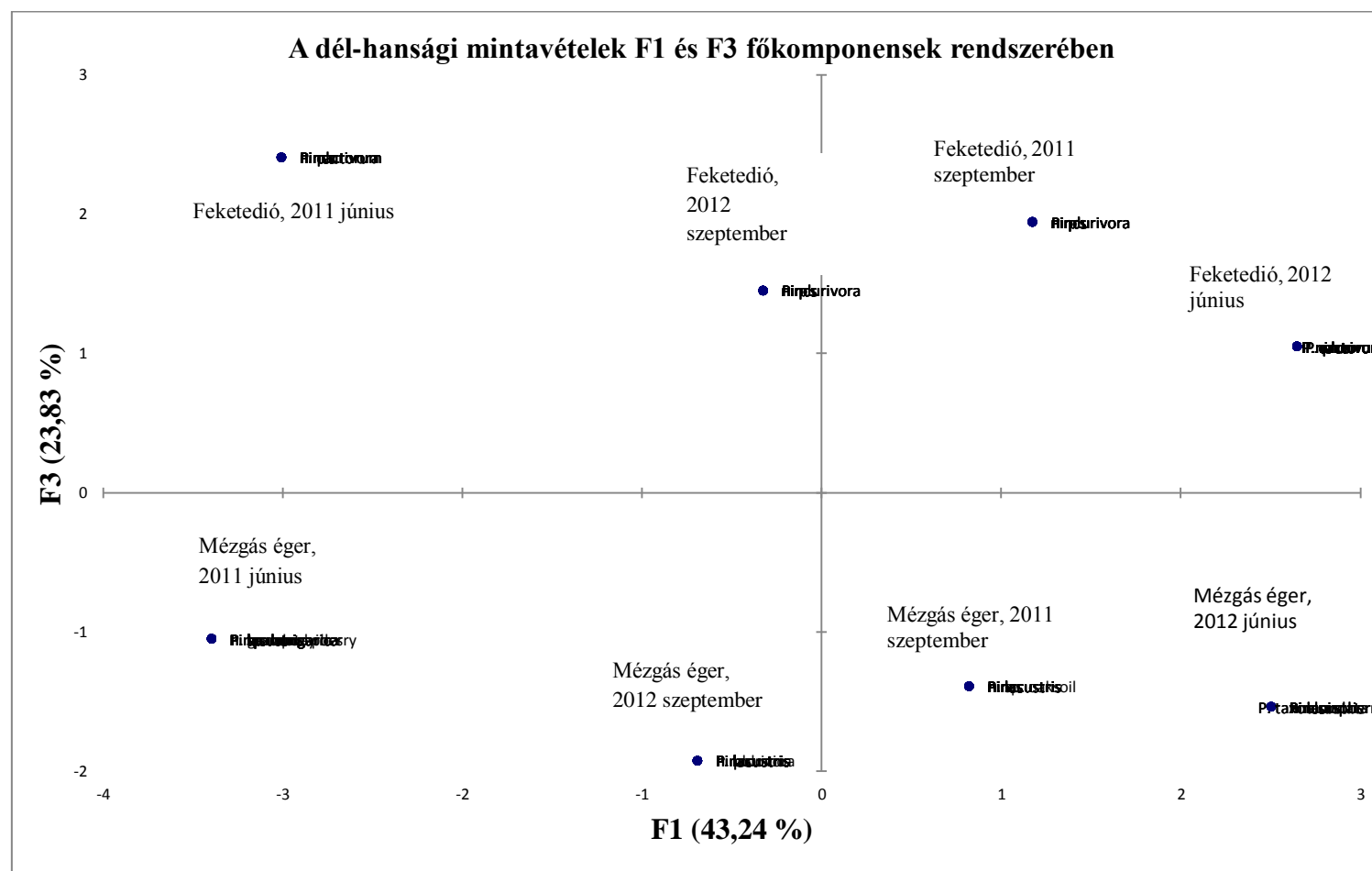
20.B.: A gyökérszövet tulajdonságai.

	Gyökérszövet hossza (cm)			Gyökérszövet szélessége (cm)			Gyökérszövet állapota			Mikorrhizáltság		
	ÁTLAG	MIN	MAX	ÁTLAG	MIN	MAX	ÁTLAG	MIN	MAX	ÁTLAG	MIN	MAX
Nem mikorrhizált kontroll	31,61	20	47,2	12,07	5,5	17	1,2	1	2	4,5	4	5
Mikorrhizált kontroll	29,25	18	45	13,2	5	20	1,1	1	2	2,5	1	4
Mikorrhizált csemete+foszfit	30,8	23	43	14,1	8	20	1,4	1	2	2,3	1	4
Mikorrhizált csemete + réz-oxiklorid	41,3	29	58	14,3	20	9	1,4	1	2	3,1	1	5
Duplán fertőzött csemete	14,8	0	30	6	0	11	3,6	2	6	4	3	5
Talajfertőzött csemete	28,25	17	47	7,25	5	8,5	3,2	2	5	4,2	2	5
Duplán fertőzött, mikorrhizált csemete	36,8	30	57	9,2	4	13	1,4	1	2	2,4	1	4
Talajfertőzött, mikorrhizált csemete	28	15	41	12	8	15	1,8	1	3	3	3	3
Duplán fertőzött csemete + foszfit	18,3	9	23	8,2	3	14	3,4	1	5	3,6	1	5
Talajfertőzött csemete+ foszfit	22	15	30	7,9	3,5	11	2,8	1	4	4,6	4	5
Duplán fertőzött csemete + rézoxiklorid	15,12	0	29,6	7,06	0	19,3	4,2	2	6	3	3	5
Talajfertőzött csemete+ rézoxiklorid	22,5	7	38,5	8,5	1	14	2,6	2	5	4,6	3	5

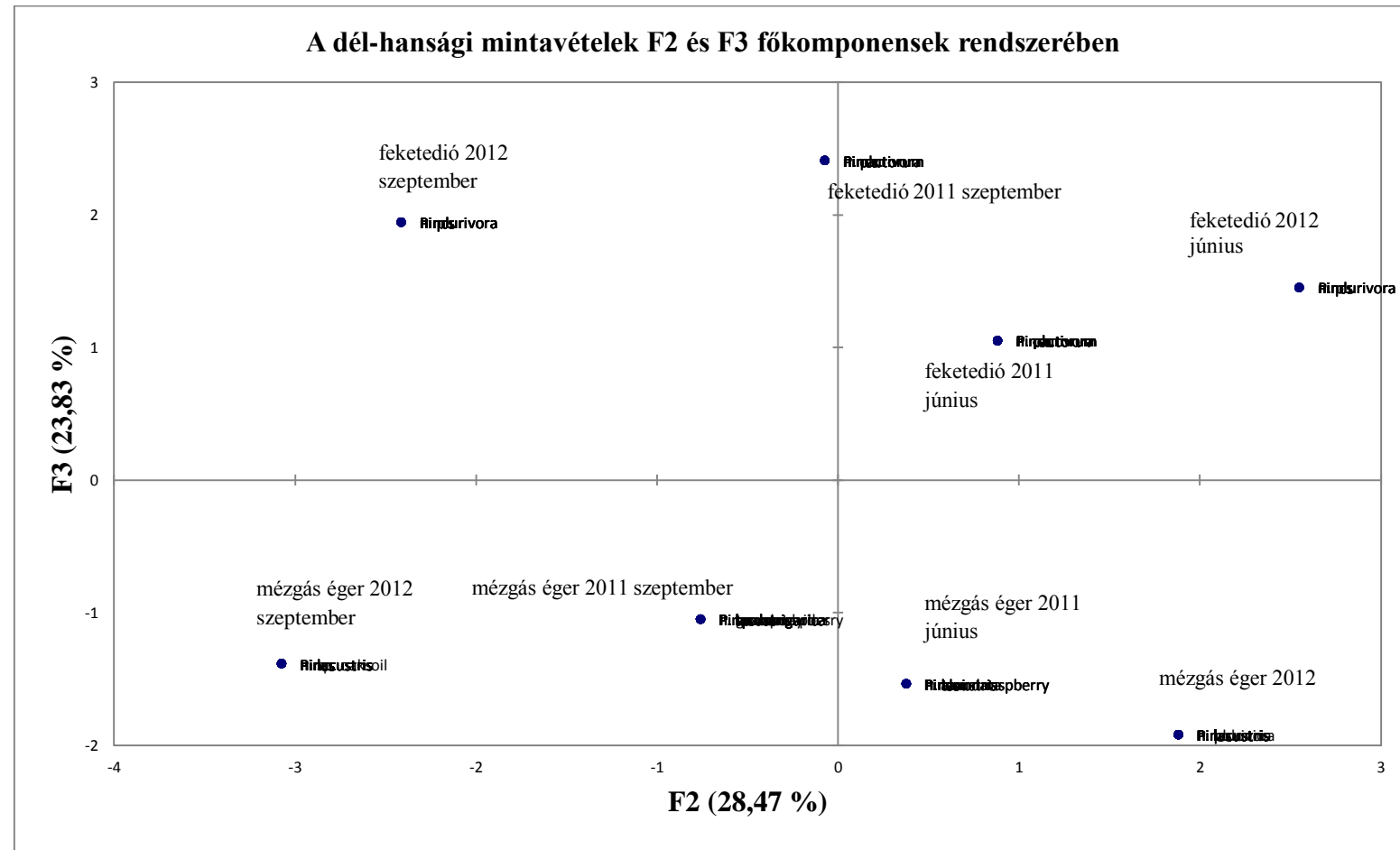
21. Melléklet: A dél-hansági mintavételek a PCA-val előállított főkomponensek rendszerében
A.: Elhelyezkedésük F1 és F2 rendszerében



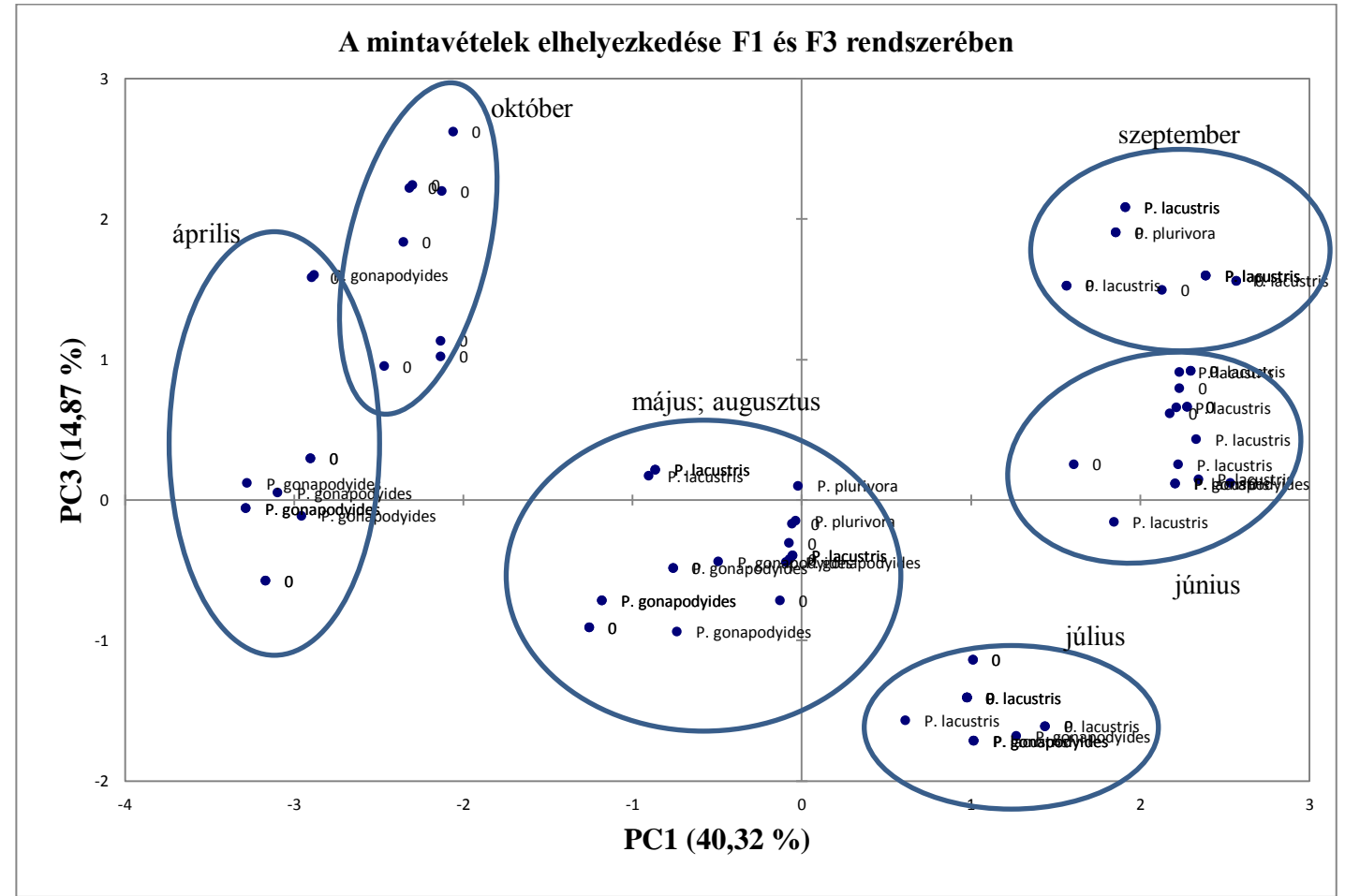
21. Melléklet: A dél-hansági mintavételek a PCA-val előállított főkomponensek rendszerében
 B.: Elhelyezkedésük F1 és F3 rendszerében



21. Melléklet: A dél-hansági mintavételek a PCA-val előállított főkomponensek rendszerében
C.: Elhelyezkedésük F3 és F2 rendszerében



22. Melléklet: A Soproni-hegységben kivitelezett mintavételek a főkomponensek rendszerében.
 A: A mintavételek F1 és F3 rendszerében



22. Melléklet: A Soproni-hegységben kivitelezett mintavételek a főkomponensek rendszerében.
 B: A mintavételek F2 és F3 rendszerében

